F 1503/6
L 034 121
Nr. 1-4
Vol. 26

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI

Tomul XXVI (XXX)

Fasc. 1—4

Secția VI

ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

1980

BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ "MIHAI EMINESCU" IAȘI

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI

Tomul XXVI (XXX)

Fasc. 1—4

Secţia VI

ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

1980

COLEGIUL DE REDACȚIE

Prof. dr. doc. **VAL. BLIDARU**
Prof. dr. doc. **N.V. BOȚAN**
Prof. dr. ing. **GH. CAȘLER**
Prof. dr. ing. **M. GAFIȚANU** (președinte)
Prof. dr. **P. MÂLCOMETE**
Prof. dr. doc. **D. MANGERON**
Prof. dr. ing. **T. SILION**
Acad. prof. dr. doc. **CR. SIMIONESCU**
Prof. dr. ing. **I. VLAD**

COMITETUL DE REDACȚIE AL SECȚIEI
VI. ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

Prof. dr. doc. **CHIRIL POPESCU**
Prof. dr. ing. **VASILE BĂLOIU**
Prof. dr. ing. **ECATERINA BLIDARU**

REDACȚIA

Prof. dr. doc. **D. MANGERON** (redactor responsabil)
Prof. dr. ing. **HUGO ROSMAN** (secretar)
ECATERINA IRIMIEA (tehnoredactor)

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
BULLETIN OF THE POLYTECHNIC INSTITUTE OF JASSY
ИЗВЕСТИЯ ЯССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4 **1980**

Secţia VI

ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

SUMAR

Pag.

E. BLIDARU, I. BARTHA, M. LUCA, C. NICOLESCU şi D. PREPELIŢĂ, Contribuţii cu privire la optimizarea parametrilor tehnico-funcţionali ai rampelor perforate pentru udarea localizată, confecţionate din mase plastice (rom., rez. engl.) 7

D. LEU, A. PRICOP, ŞT. POPESCU, D. LOGHIN şi ST. TOMA, Studiul reţelelor inelare de distribuţie a apei pe ordinatoarele numerice. Programul CALCRET (franc., rez. rom.) 13

D. LOGHIN, D. LEU, AL. CHIRILĂ şi ST. TOMA, Contribuţii la stabilirea capacităţii de transport a jgheaburilor colmatate (franc., rez. rom.) . . . 21

EM. BÂRSAN, Aplicarea metodei Muskingum-Cunge la determinarea parametrilor de calcul ai propagării viiturii pe rîul Bîrlad, în sectorul Vaslui — Bîrlad (rom., rez. engl.) 25

I. BARBĂLATĂ, Model analitic geofotogrametric de stereotriangulare şi digitalizare a suprafeţelor colmatate (I) (rom., rez. engl.) 33

L. GUŞTIUC, Procesul de argilizare a cernoziomurilor din cîmpia Moldovei de Nord (rom., rez. rusă) 45

V. BĂLOIU şi I. GIURMA, O nouă metodă de calcul a volumului de aluviuni reţinut în lacurile de acumulare din bazinul hidrografic Bahlui (rom., rez. franc.) 51

CH. POPESCU şi ST. AXINTE, Efectul îngrăşămintelor cu azot aplicate plantelor după inundare (rom., rez. franc.) 57

V. ZAVATI şi I. GIURMA, Studiul analitic al mecanismului formării şi variaţiei scurgerii superficiale pe solul unui versant cultivat (rom., rez. franc.) 65

N. POPOVICI şi A. PRICOP, Studiul unor noi tipuri de elemente prefabricate din beton pentru construcţia de baraje de tip mixt utilizate în amenajarea torenţilor (franc., rez. rom.) 69

I. HÂNCU, M. MACOVEANU, N. IORGA, O. RAIANU şi A. TOFAN, Posibilităţi de valorificare a reziduurilor de la staţiile de epurare a apelor urbane (rom., rez. engl.) 75

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
BULLETIN OF THE POLYTECHNIC INSTITUTE OF JASSY
ИЗВЕСТИЯ ЯССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Tom XXVI (XXX), Fasc. 1–4 1980

Section VI

LAND RECLAMATION

CONTENTS

Pp.

E. BLIDARU, I. BARTHA, M. LUCA, C. NICOLESCU and D. PREPELIȚĂ, Contributions to the Optimum Improvement of the Operationals Parameters for the Plastic Mass Perforated Tubes in Localized Watering (English, Romanian summary) 7

D. LEU, A. PRICOP, ȘT. POPESCU, D. LOGHIN et ST. TOMA, Étude des réseaux maillés de distribution d'eau sur les ordinateurs numériques. Programme CALCRET (French, Romanian summary) 13

D. LOGHIN, D. LEU, AL. CHIRILĂ et ST. TOMA, Contributions a l'établissement de la capacité de transport des caniveaux paraboliques (French, Romanian summary) 21

EM. BÂRSAN, Application of the Muskingum-Cunge Method to the Determination of the Flood Routing Calculus Parameters on the River Bîrlad in the Reach Vaslui–Bîrlad (Romanian, English summary) 25

I. BARBĂLATĂ, Stereophotogrammetric Measurements of Silting Surfaces (I) (Romanian, English summary) 33

L. GUȘTIUC, Processus d'argillisation des chernozems dans la plaine de la Moldavie du nord (Romanian, Russian summary) 45

V. BĂLOIU et I. GIURMA, Une nouvelle méthode de calcul du volume d'alluvions retenues dans les lacs d'accumulation du bassin hydrographique de Bahlui (Romanian, French summary) 51

CH. POPESCU et ST. AXINTE, Effet des engrais azotés appliqués aux plantes après inondation (Romanian, French summary) 57

V. ZAVATI et I. GIURMA, Étude analytique de la formation et de la variation de l'écoulement superficiel sur un versant cultivé (Romanian, French summary) 65

N. POPOVICI et A. PRICOP, Étude des nouveaux éléments préfabriques en béton pour la construction des barrages de type mixt utilisés dans l'aménagement des torrents (French, Romanian summary) 69

I. HÂNCU, M. MACOVEANU, N. IORGA, O. RAIANU and A. TOFAN, Possibilities of Practical Application of Residues from Urban Epuration Stations (Romanian, English summary) 75

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
BULLETIN OF THE POLYTECHNIC INSTITUTE OF JASSY
ИЗВЕСТИЯ ЯССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
Том XXVI(XXX), Вып. 1—4 1980

Секция VI

МЕЛИОРАЦИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Е. БЛИДАРУ, И. БАРТА, М. ЛУКА, К. НИКОЛЕСКУ и Д. ПРЕПЕЛИЦЭ, Способствование для оптимизации технических и рабочих параметров к перфорированных трубков для локализованного поливания, из пластмассов (рум., рез. англ.) 7

Д. ЛЕУ, ШТ. ПРИКОП, Д. ЛОГИН и С. ТОМА, Изучение замкнутых сетей водоснобжения с помощю Э.В.М. Програм CALCRET (франц., рез. рум.) 13

Д. ЛОГИН, Д. ЛЕУ, АЛ. КИРИЛЭ и С. ТОМА, Некоторые вопросы установления транспортной способности зайленых лотков-каналов (франц., рез. рум.) 21

Э. БЫРСАН, Применение метода Маскингам-Кёнджь для определения расчетнных параметров паводок на реке Бырлад в секторов Васлуй-Бырлад (рум., рез. англ.) 25

И. БАРБЭЛАТЭ, Аналитическая геофотограмметрическая цифровая модель стереотриангуляции заиленых поверхностей (I) (рум., рез. англ.) 33

Л. ГУШТЮК, Процессы оглинивания в черноземах северной степи Молдовы (рум., рез. русск.) 45

В. БЭЛОЙУ и И. ДЖЮРМА, Новый метод расчета объема наносов задернсанных в водосборных озерах в гидрографическом бассейне реки Бахлуя (рум., рез. франц.) 51

К. ПОПЕСКУ и С. АКСИНТЕ, Влияние азотных удобрений, внесенных на растения после наводнения (рум., рез. франц.) 57

В. ЗАВАТИ и И. ДЖЮРМА, Аналитическое изучение механизма образования и изменения поверхностного стока на почве обработанного склона (рум., рез. франц.) 65

Н. ПОПОВИЧ и А. ПРИКОП, Изучение новых типов бетонных полуфабрикатов для строительства землебетонных плотин на селевых потоках (франц., рез. рум.) 69

И. ХЫНКУ, М. МАКОВЯНУ, Н. ИОРГА, О. РЭИЛЯНУ и А. ТОФАН, Возможности использования отходов, получаемых на станциях городских отбросов (рум., рез. англ.) 75

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secţia VI
ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

C. Z. 631.6; 679.5

CONTRIBUŢII CU PRIVIRE LA OPTIMIZAREA PARAMETRILOR TEHNICO-FUNCŢIONALI AI RAMPELOR PERFORATE PENTRU UDAREA LOCALIZATĂ, CONFECŢIONATE DIN MASE PLASTICE

DE

ECATERINA BLIDARU, IOSIF BARTHA, M. LUCA, C. NICOLESCU şi DAN PREPELIŢĂ

1. Consideraţii generale

Dezvoltarea în ritm ridicat a agriculturii ţării noastre, conform directivelor Congresului al XII-lea al P.C.R., se va realiza pe baza celor mai noi cuceriri ale revoluţiei tehnico-ştiinţifice contemporane, din toate domeniile, inclusiv şi din cel al lucrărilor de hidroamelioraţii.

În acest cadru, irigarea localizată cu rampe perforate a unor culturi agricole reţine din ce în ce mai mult atenţia specialiştilor întrucît această metodă prezintă o serie de avantaje ca: reducerea volumului de apă distribuit şi a consumului de energie, posibilitatea de distribuţie cu apa de irigaţie a îngrăşămintelor, pesticidelor şi insecto-fungicidelor ş.a.

Elementele amenajării sînt condiţionate de o serie de factori (pedologici, climatici, agrotehnici, hidraulici) care în complex determină schema de amenajare.

O importanţă deosebită o prezintă determinarea lungimii optime a rampelor perforate, element hotărîtor în stabilirea schemelor de amenajare. Lungimea rampelor perforate este condiţionată de caracteristicile geometrice şi hidraulice ale tuburilor constituente, de debitul uniform distribuit, de presiunea de serviciu în capătul amonte al rampei, de panta terenului şi uniformitatea udării.

2. Modelul hidraulico-matematic

Rampele perforate folosite în udarea localizată pot fi considerate conducte care distribuie uniform în lungul lor debite. Aceste debite uniform distribuite sînt cuprinse în intervalul $q \in [1 \ldots 5]$ cm³/sm.

Un tub perforat se poate calcula după modelul distribuţiei continue a debitului (fig. 1), la care pierderea de sarcină într-o secţiune oarecare este dată de relaţia următoare:

$$dh_r = j'_x \, dx. \tag{1}$$

Luînd în consideraţie că $j'_x = Q_x^2/K^2$, (K — modulul de debit al tubului) şi $Q = qL$, debitul în secţiunea x va fi dat de relaţia:

$$Q_x = Q\left(1 - \frac{x}{L}\right). \tag{2}$$

Înlocuind (2) în (1) rezultă :

$$(3) \qquad dh_r = \frac{Q^2}{K^2}\left(1-\frac{x}{L}\right)^2 dx .$$

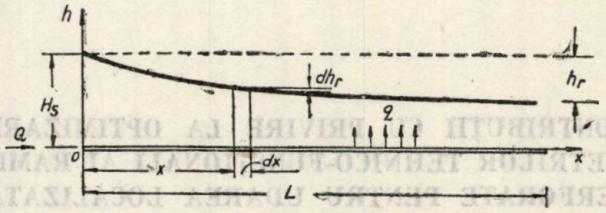


Fig. 1. — Schema de calcul hidraulic a tubului perforat.

Prin integrarea ecuației (3) se obține relația generală a pierderilor de sarcină pentru tubul perforat sub forma :

$$(4) \qquad h_{rx} = j'_a\left(x-\frac{x^2}{L}+\frac{x^3}{3L^2}\right),$$

în care j'_a este pierderea de sarcină unitară totală a tubului perforat la debitul de alimentare.

Pierderea de sarcină maximă se obține în extremitatea aval a tubului perforat (pentru $x=L$) ; în acest caz ecuația (4) devine :

$$(4') \qquad h_r = j'_a\frac{L}{3} .$$

Cunoscîndu-se [3] că valoarea coeficientului de debit al orificiilor tubului perforat este practic independentă de presiunea cuprinsă în intervalul [1 ... 30] mCA, rezultă că variația debitului orificiilor se datorește în exclusivitate pierderilor de sarcină, concluzie valabilă pentru teren orizontal.

Debitul maxim și minim pentru orificiile tubului perforat se determină cu relațiile :

$$(5) \qquad q_{max} = \mu A\sqrt{2gH_s} \qquad q_{min} = \mu A\sqrt{2g(H_s-h_r)},$$

unde : H_s este presiunea în tubul perforat, în capătul amonte ; μ — coeficientul de debit al orificiului ; A — secțiunea orificiului.

Impunînd condiția de toleranță a neuniformității udării, δ_q, (cu valori curente $\delta_q = 0{,}1$) rezultă :

$$(6) \qquad \frac{q_{max}-q_{min}}{q_{max}} \leqslant \delta_q .$$

Prin înlocuirea ecuațiilor (5) în (6) se obține condiția de neuniformitate tolerată a presiunii pentru tubul perforat :

$$(6') \qquad \frac{\sqrt{H_s}-\sqrt{H_s-h_r}}{H_s} \leqslant \delta_q \quad \text{sau} \quad 1-\sqrt{1-\frac{h_r}{H_s}} \leqslant \delta_q .$$

Astfel pierderea de sarcină admisibilă pe tubul perforat va fi dată de relația :

$$h_r \leqslant [1-(1-\delta_q)^2]H_s. \tag{7}$$

Pierderea de sarcină totală unitară (liniară și locală) se poate exprima și sub forma :

$$j_a' = j_a\left(1+\frac{l_e}{l}\right), \tag{8}$$

în care : j_a este pierderea de sarcină liniară unitară ; l_e — lungimea echivalentă dată de îmbinările dintre tronsoanele conductei de udare ; l — lungimea unui tronson al conductei de udare.

Pierderea de sarcină liniară unitară, petru un tub din material plastic hidraulic neted, se poate exprima printr-o relație de forma :

$$j_a = \frac{aQ^b}{D^{3+b}}. \tag{9}$$

Din ecuațiile (4'), (7) ... (9) se obține relația de calcul a lungimii maxime admise a tubului perforat :

$$L \leqslant \left\{\frac{3[1-(1-\delta_q)^2]\,H_s D^{3+b}}{a(1+l_e/l)\,q^b}\right\}^{\frac{1}{1+b}}. \tag{10}$$

Pentru cazul tubului perforat orizontal, linia piezometrică, care coincide cu presiunea disponibilă, se obține scăzînd pierderile de sarcină, h_{rx}, calculate cu relația (4), din presiunea de alimentare, H_s.

Cunoscînd presiunile disponibile se poate determina uniformitatea udării, pentru orice distanță, cu relația :

$$1-\delta_{qx} \geqslant \sqrt{1-\frac{h_{rx}}{H_s}}. \tag{11}$$

Pentru terenurile în pantă, ecuația (10) capătă forma :

$$\left|1-\sqrt{1+\frac{3ILD^{3+b}-aq^bL^{1+b}(1+l_e/l)}{3H_sD^{3+b}}}\right|-\delta_q \leqslant 0, \tag{12}$$

unde : δ_q este toleranța admisă pentru neuniformitatea debitului ; H_s — presiunea de alimentare în capătul amonte al tubului perforat ; I — panta terenului ; L — lungimea tubului perforat ; D — diametrul tubului perforat ; q — debitul uniform distribuit ; l_a — lungimea echivalentă dată de îmbinări ; l — lungimea unui tronson din care este formată rampa de udare ; a, b — coeficienții din expresia pierderilor de sarcină liniare unitare.

Ecuația (12), cu L ca necunoscută, poate fi rezolvată numai prin încercări. În acest sens panta tubului poate fi urcătoare sau coborîtoare și se ia în considerare prin semn algebric. În cazul cînd panta este coborîtoare și superioară valorii pierderilor de sarcină de pe tubul perforat, debitul orificiilor crește spre capătul aval, considerent din care în relația (12) apare modulul expresiei. Unitățile de măsură ale mărimilor trebuie să conducă la un caracter adimensional al ecuației (12).

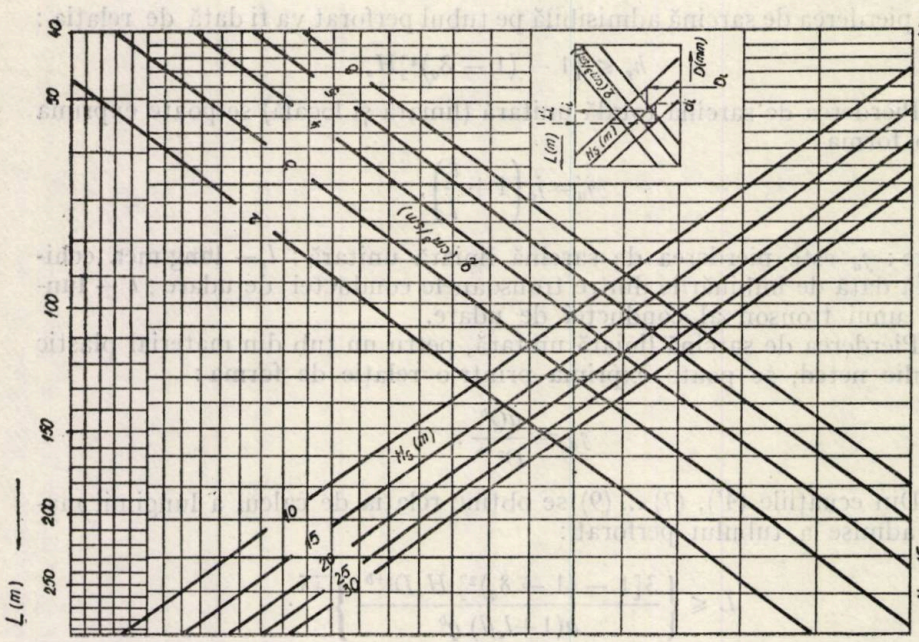


Fig. 3. — Nomogramă pentru dimensionarea rampelor perforate din P.V.C. rigid tip U sau M (teren orizontal).

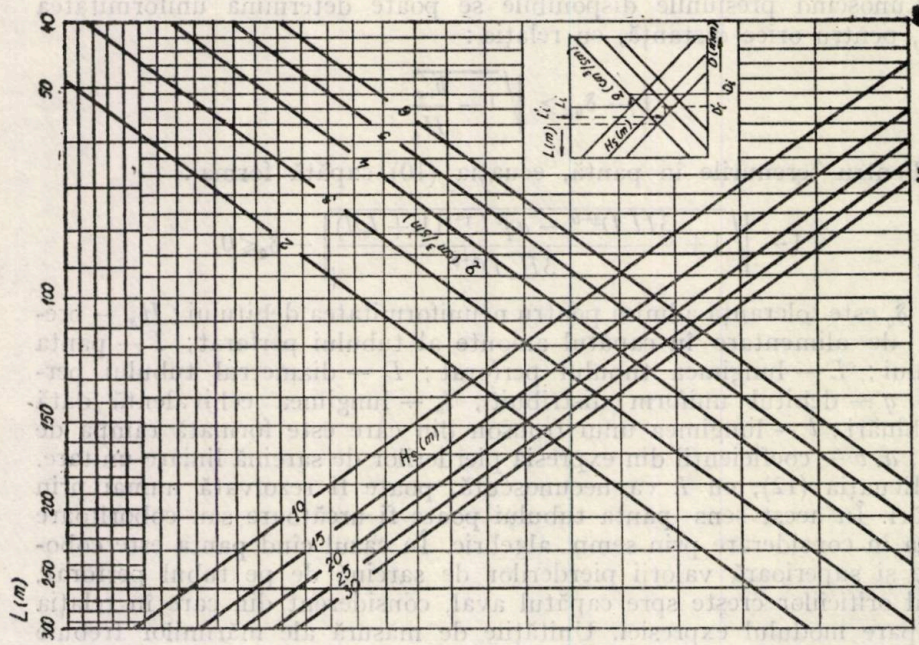


Fig. 2. — Nomogramă pentru dimensionarea rampelor perforate din polietilenă de joasă densitate (teren orizontal).

3. Determinarea lungimii tuburilor perforate din mase plastice

Tuburile perforate sînt confecționate din material plastic, polietilenă neagră de joasă densitate ($PE_{j.d}$) sau PVC rigid. Experimentările întreprinse [1], [3], pentru aceste tuburi de producție autohtonă, arată că pierderile de sarcină liniare unitare se pot determina cu relațiile :

$$j = \frac{0{,}000248\, Q^{1{,}7522}}{D_i^{4{,}7522}} \quad \text{— tuburi din } PE_{j.d}; \tag{9'}$$

$$j = \frac{0{,}000252\, Q^{1{,}810}}{D_i^{4{,}810}} \quad \text{— tuburi din PVC rigid.} \tag{9''}$$

Tuburile din $PE_{j.d}$ se livrează în tronsoane de lungime mare (în colac), motiv din care pierderile de sarcină locale la îmbinări se pot neglija.

Tuburile din PVC rigid se fabrică în tronsoane de 4 m lungime, astfel încît pierderile de sarcină locale la îmbinările prin mufare se exprimă în lungimi echivalente prin relația :

$$l_e = \left(\frac{100\, j'}{100\, j} - 1\right) l = \left[1{,}075 \left(\frac{D}{Q}\right)^{0{,}025} - 1\right] l. \tag{13}$$

Lungimea echivalentă medie ponderată pentru tuburile din PVC rigid este 0,06 l.

Ecuația (10) s-a soluționat grafic (fig. 2) pentru tuburile din $PE_{j.d}$, în următoarele condiții : debitul uniform distribuit, $q \in [2 \ldots 6]$ cm³/sm, presiunea de alimentare $H_s \in [10 \ldots 30]$ mCA, $\delta_q = 0{,}1$ și panta hidraulică exprimată prin relația (9').

Pentru tuburile din PVC rigid s-a luat în considerare relația (9''), lungimea echivalentă $l_e = 0{,}06\, l$, celelalte condiții fiind identice cazului precedent. Soluția grafică a ecuației (10), pentru rampe din PVC, se prezintă în fig 3.

4. Concluzii

Lungimea maximă a tuburilor perforate se calculează luînd în considerare următoarele elemente : debitul uniform distribuit, presiunea de alimentare în capătul amonte, caracteristicile geometrice și hidraulice ale tuburilor din mase plastice, panta terenului și toleranța de neuniformitate a distribuției debitului orificiilor.

Valoarea debitului uniform distribuit se alege ținînd seama de coeficientul de infiltrație al terenului amenajat.

Determinarea lungimii maxime a rampelor perforate pentru terenuri orizontale se calculează cu ajutorul relației (10).

În cazul terenurilor cu relief în pante, pentru calculul lungimii maxime a rampelor perforate se folosește ecuația (12), care se rezolvă prin încercări.

Pe baza reprezentărilor grafice din fig. 2 și 3 se poate calcula lungimea maximă a rampei perforate, din $PE_{j.d}$ sau PVC rigid, pentru terenuri orizontale.

Primită la 2 iunie 1980

Institutul politehnic, Iași,
Catedra de hidraulică și
hidroameliorați

BIBLIOGRAFIE

1. Bartha I., Nicolescu C., Luca M., Blidaru E., *Contribuții—cercetări asupra parametrilor tehnico-funcționali ai rampelor de distribuție din PVC, folosite la irigarea localizată.* Inst. polit., Iași, 1978.
2. Decroix M., *Les diverses systèmes d'irrigation localisés en France.* Al IX-lea Congres I.C.I.D., Moscova, 1975.
3. * * * *Pierderi de sarcină pe conductele de udare din PVC și polietilenă cu diverse diametre. Curbele de debit—presiune pentru orificiile care echipează rampele.* Contract Inst. polit., Iași — ICITID, Băneasa-Giurgiu.

CONTRIBUTIONS TO THE OPTIMUM IMPROVEMENT OF THE OPERATIONALS PARAMETERS FOR THE PLASTIC MASS PERFORATED TUBES IN LOCALIZED WATERING

(Summary)

The work lays down the upper length of perforated tubes of PVC and PE.

The perforated tubes are considered as pipes with flow uniformly distributed and their maximum length is established for the case of horizontal and sloping ground.

Besides the mathematics relations we present synthetical graphs for the calculation of the perforated tubes of PVC tubes and PE experimented in the laboratory in the case of horizontal ground.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secţia VI
ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

C.D. 628.1: 518

ÉTUDE DES RÉSEAUX MAILLÉS DE DISTRIBUTION D'EAU SUR LES ORDINATEURS NUMÉRIQUES- PROGRAMME CALCRÈT

PAR

DOBRICĂ LEU, ADRIAN PRICOP, ŞT. POPESCU, DAN LOGHIN et STELIANA TOMA

1. But de l'ouvrage

Les réseaux de distribution d'eau représentent la plus coûteuse partie d'un système d'alimentation en eau potable des centres habités.

L'étude des réseaux maillés constitue un des problèmes difficiles posés aux ingénieurs, par le grand volume des calculs à effecteur.

En respectant les conditions hydrauliques qui sont posées aux systèmes maillés (voir la continuité des débits aux noeuds, la somme algébrique des pertes de charge nulle sur un trajet fermé du réseau), on peut écrire un nombre d'équations égal à celui des tronçons du réseau.

Les inconnues en étant les débits des tronçons et les diamètres des ceux-ci, le système d'équations obtenu est indéterminé ce qui implique la nécessité d'antécalcnler les dimensions du réseau en admettant certaines valeurs arbitraires pour les débits. En utilisant ces valeurs on vérifie les conditions hydrauliques mentionées ci-dessus et si l'on trouve nécessaire on corrige les valeurs des débits, en effectuant ensuite les calculs.

Les solutions du système d'équations obtenu en utilisant les lois de déplacement de l'eau dans les réseaux maillés résultent d'habitude par la méthode des approximations succésives, c'est-à-dire par la correction graduée des valeurs initiales des débits jusq'à la réalisation de la précision désirée.

Dans ce qui suit il est présenté un programme pour ordinateurs (CALCRET) à l'aide du quel on peut effectuer le calcul hydraulique des réseaux maillés de distribution d'eau si l'on connait : la configuration géométrique du réseau, les longueurs des tronçons, le débit d'alimentation du réseau et les débits concentrés aux noeuds, la gamme de diamètres normalisés utilisables ainsi que la nature du matériel dont les tuyaux sont fabriqués (acier, PVC, fonte, asbo-ciment).

Le programme CALCRET est écrit en language FORTRAN IV. À l'aide de celui-ci on peut effectuer les opérations suivantes : répartition initiale des débits par tronçons, calcul des diamètres des tuyaux de chaque tronçon, correction des débits jusqu'à la précision imposée, calcul des pressions nécessaires aux noeuds, identification du noeud le plus défavorable ainsi que la pression maxima et le calcul de la hauteur nécessaire du château d'eau. Si l'on désire, après l'opération de correction des débits les diamètres peuvent être recalculés pour des valeurs finales des débits et la correction des débits sera reprise jusqu'à ce que les diamètres ont les mêmes valeurs lors des deux dernières corrections.

2. Méthode de calcul

En connaisant la configuration géométrique du réseau de distribution d'eau on établit le sens de circulation de l'eau et les numéros d'ordre du chaque noeud en partant du noeud d'entrée. Chaque tronçon sera défini par deux chiffres entières : m pour le noeud amont et n pour celui aval. Pour des raisons d'économie de mémoire de l'ordinateur notre programme demande que m soit inférieur à n ($m<n$). Il est facile de respecter cette condition en numérotant les noeuds par des chiffres croissantes suivant le sens de circulation de l'eau.

Les débits distribués par tronçons, égaux aux produits des débits spécifiques et des longueurs des tronçons, seront remplacés par les débits aux noeuds, égaux à la demisomme des débits qui correspondent aux tronçons se rejoignant au noeud respectif. Les débits de calcul des tronçons sont déterminés en repartisant le débit disponible au noeud inversement proportionnel aux longueurs des tronçons partant du noeud considéré, en respectant ainsi la loi de la continuité des débits au noeuds.

Les diamètres des canalisations par tronçons sont calculés sur la base des débits de calcul en admettant une vitesse économique de 1,2 m/s et en choisissant le diamètre imédiatement supérieur de la gamme normalisée. On vérifie ensuite si pour le diamètre choisi la vitesse de l'eau est économique, ç'est-à-dire si elle a des valeurs comprises entre 1,2 et 0,8 m/s (v. les normes roumaines STAS 4163-70).

On calcule ensuite

$$S_0 = 6{,}485\,\frac{4^{2y}n^2}{D^{5+2y}},$$

où : D est le diamètre choisi du tronçon, [m] ; n—le coefficient de rugosité du tuyau, fonction du matériel de construction ; $y=1{,}5\sqrt{n}$.

Le module de résistance du tuyau sera calculé à l'aide de la relation

$$S = S_0 l,$$

où l est la longueur du tronçon considéré, [m].

Après cet antécalcul des dimensions on effectue le calcul hydraulique proprement-dit ou la correction du réseau, ç'est-à-dire on détermine les valeurs des débits réels passant par chaque tronçon du réseau de diamètre choisi auparavant.

Pour chaque maille on calcule les erreurs de fermeture des pertes de charge :

$$\Delta h_k = \sum (S_{ij} Q_{ij}^2)_k,$$

où k est la maille et ij les tronçons de la maille. Si $\Delta h<$ERAD (l'erreur admissible de non-fermeture), le calcul est considéré correcte du point de vue hydraulique. Pour $\Delta h>$ERAD on calcule le débit de correction séparément par maille, avec

$$\Delta Q_{ij} = \frac{\Delta h_k}{2\sum (S_{ij} Q^2)_k}$$

et les débits des tronçons seront corrigés comme suit :

$$Q'_{ij} = Q_{ij} + \sum \Delta Q_{ij}.$$

En prenant en calcul ces débits on détermine les pertes de charge sur les tronçons du réseau et les nouvelles erreurs de non-fermeture.

L'organigramme du programme CALCRET est présenté dans la fig. 1.

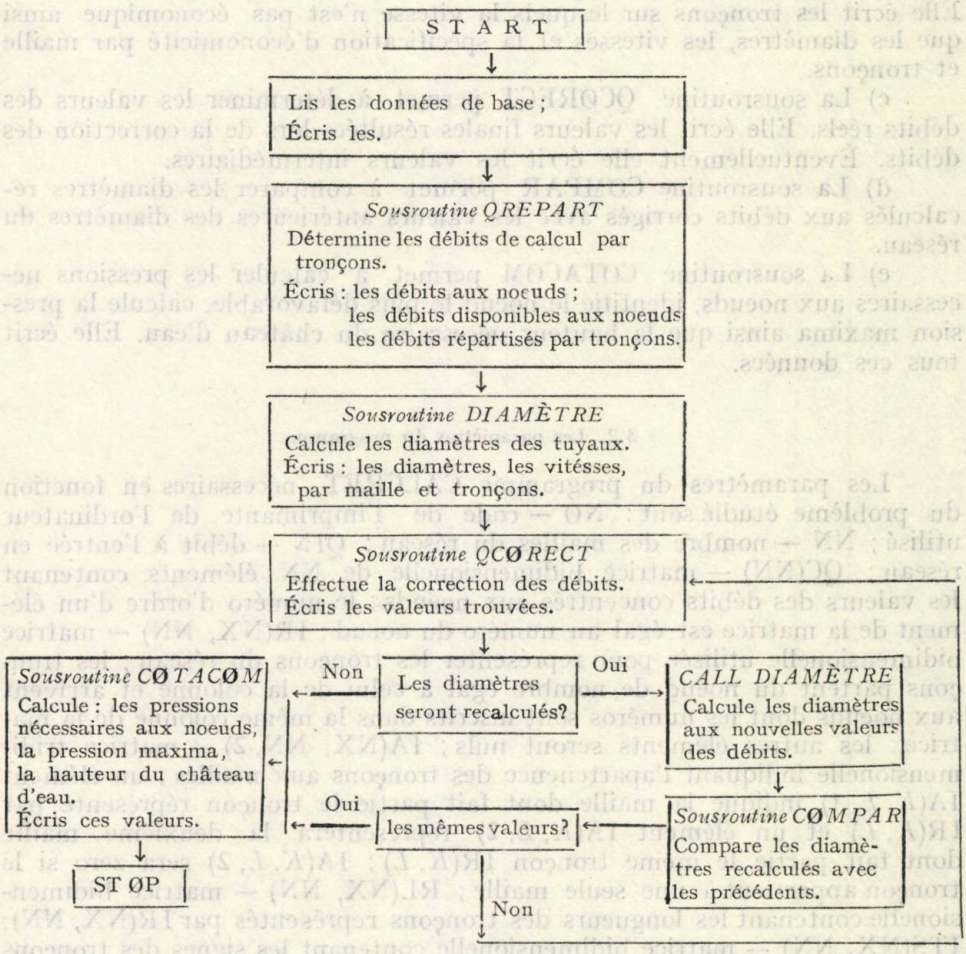


Fig. 1.—L'organigramme du programme CALCRET.

3. Description du programme

3.1. Les éléments du programme

Le programme CALCRET fait appel à un programme principal et cinq sousprogrammes. Le programme principal lit et écrit les données de base et il appèle également les cinq sousprogrammes suivants :

a) La sousroutine QREPART permet à déterminer les débits de calcul des tronçons et écrit : les débits aux noeuds, les débits disponibles

aux noeuds, les débits repartisés aux tronçons alimentés par le noeud respectif.

b) La sousroutine DIAMÈTRE permet à établir les diamètres des tuyaux, la résistence spécifique et le module de résistence des ceux-ci. Elle écrit les tronçons sur lesquels la vitesse n'est pas économique ainsi que les diamètres, les vitesses et la spécification d'économicité par maille et tronçons.

c) La sousroutine QCØRECT permet à déterminer les valeurs des débits réels. Elle écrit les valeurs finales résultées lors de la correction des débits. Éventuellement elle écrit les valeurs intermédiaires.

d) La sousroutine CØMPAR permet à comparer les diamètres recalculés aux débits corrigés avec les valeurs antérieures des diamètres du réseau.

e) La sousroutine CØTACØM permet à calculer les pressions nécessaires aux noeuds, identifie le noeud le plus défavorable, calcule la pression maxima ainsi que la hauteur nécessaire du château d'eau. Elle écrit tous ces données.

3.2. Les paramètres du programme

Les paramètres du programme CALCRET, nécessaires en fonction du problème étudié sont : NØ — code de l'imprimante de l'ordinateur utilisé ; NN — nombre des mailles du réseau ; QIN — débit à l'entrée en réseau ; QC(NN) — matrice bidimensionelle de NN éléments contenant les valeurs des débits concentrés aux noeuds ; le numéro d'ordre d'un élément de la matrice est égal au numéro du noeud ; IR(NX, NN) — matrice bidimensionelle utilisée pour représenter les tronçons du réseau ; les tronçons partent du noeud de nombre égal à celui de la colonne et arrivent aux noeuds dont les numéros sont inscrits dans la même colonne de la matrice ; les autres éléments seront nuls ; IA(NX, NN, 2) — matrice tridimensionelle indiquant l'apartenence des tronçons aux mailles ; un élément IA(K, L, 1) indique la maille dont fait partie le tronçon réprésenté par IR(K, L) et un élément IA(K, L, 2) représentera la deuxième maille dont fait partie le même tronçon IR(K, L) ; IA(K, L, 2) sera zero si le tronçon appartient à une seule maille ; RL(NX, NN) — matrice bidimensionelle contenant les longueurs des tronçons représentés par IR(NX, NN); ITS(NX, NN) — matrice bidimensionelle contenant les signes des tronçons représentés par IR (NX, NN). On aura $+1$ pour les tronçons positifs et -1 pour les tronçons négatifs ; si un tronçon apartient à deux mailles on utilisera le signe qui correspond à la maille de nombre d'ordre inférieur ; ND — le nombre des diamètres de la gamme utilisée ; D(ND) — matrice contenant les diamètres de la gamme utilisée, en mm, en ordre croissante ; RUG—coefficient de rugosité des tuyaux ; IND — paramètre d'écriture optionelle en phase de correction des débits, à savoir : IND$=1$, on impose à écrire les valeurs obtenues à chaque correction ; IND $\neq 1$, on n'écrira que les valeurs initiales et finales ; IQ — paramètre indicateur pour l'option de l'utilisateur sur la recalculation des diamètres : IQ $= 0$, les diamètres ne seront pas recalculés ; IQ $\neq 0$, les diamètres seront recalculés aux valeurs des débits corrigées et comparées aux celles précédentes ; l'opé-

ration sera reprise jusqu'à l'identité des diamètres ; le programme limite à 5 le nombre d'itérations, mais celui-ci peut être facilement modifié ; IAD — nombre maximum des corrections des débits admises par l'utilisateur ; ERAD — erreur maxima admissible de non-fermeture des pertes de charge par maille (0,5 m généralement) ; CT(NN) — matrice des hauteurs du terrain au noeuds (le numéro d'ordre d'un élément indique le noeud).

Tous ces paramètres seront donnés par l'utilisateur.

4. Calcul des dimension des matrices necéssaires

L'utilisateur indiquera dans le programme principal les dimensions des matrices données, initiales et auxiliaires, comme suit : DIMENSIØN QC(NN), IR(NX, NN), RL(NX, NN), QRT(NX, NN), QN(NN), QVN(NN), QTR(NX, NN), VIT(NX, NN), DTR(NX, NN), ITS(NX, NN), SQI(NI), SQPI(NI), IA(NX, NN, 2), SQ(NX, NN), SQP(NX, NN), DQ(NI), TS(NX, NN), D(ND), QDN(NN), DRR(NX, NN), CT(NN).

5. Le Input

L'utilisateur peut modifier les formats selon sa volonté. Nous avons utilisé les instructions DATA.

6. Le Output

Nous avons présenté brièvement les données qui seront écrites en C.1, par élément de programme.

7. Le résumé des exigences d'utilisation

a) Spécifiez toutes les valeurs des paramètres présentes en C.2.

b) Ajustez l'instruction DIMENSI ØN du programme principal aux dimensions du réseau étudié, conformément au C.3.

8. Exemple d'utilisation du programme

Soit à calculer le réseau représenté dans la fig. 2. On procède d'abord à l'établissement du sens de circulation de l'eau et puis à la numérotation des noeuds, en respectant la condition $m<n$ (v. § 2). Le débit d'entrée est de 37,5 l/s et les débits concentrés aux noeuds sont :

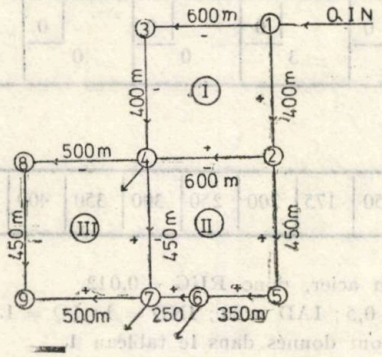


Fig. 2

1,5 l/s au noeud *4*, 0,5 l/s au noeud *6* et 0,5 l/s au noeud *7*. Les longueurs des tronçons sont indiquées dans la fig. 2. Dans ces conditions les paramètres du problème à étudier sont: NN = 9, NX = 2, NI = 3, QIN = 37,5 l/s et les matrices suivantes :

QC(9)

0	0	0	1,5	0	0,5	0,5	0	0

IR(2,9)

2	4	4	7	6	7	9	9	0
3	5	0	8	0	0	0	0	0

RL(2,9)

400	600	400	450	350	250	500	450	0
600	450	0	500	0	0	0	0	0

ITS(2,9)

1	1	−1	−1	1	1	1	−1	0
−1	1	0	−1	0	0	0	0	0

IA(2, 9, 2)

1 | 0	1 | 2	1 | 0	2 | 3	2 | 0	2 | 0	3 | 0	3 | 0	0 | 0
1 | 0	2 | 0	0 | 0	3 | 0	0 | 0	0 | 0	0 | 0	0 | 0	0 | 0

D(ND) ; ND = 17

50	65	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900

Les tuyaux seront en acier, donc RUG = 0,012.
On choisit : ERAD = 0,5 ; IAD = 20 ; IND = 1 ; IQ = 1.
Les résultats finaux sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1

Maille	Tronçon	Débit l/s	Diamètre mm	Vitesse m/s
I	*1—2*	20,0810	150	1,137
	1—3	13,8832	125	1,132
	2—4	7,1244	100	0,908
	3—4	10,3479	125	0,844
II	*2—4*	7,1244	100	0,908
	2—5	7,8307	100	0,998
	4—7	5,2100	80	1,037
	5—6	5,0024	80	0,996
	6—7	2,3812	65	0,718
III	*4—7*	5,2100	80	1,037
	4—8	3,8683	65	1,166
	7—9	2,8488	65	0,859
	8—9	0,5097	50	0,26

Nombre de corrections des débits : 3.
Nombre de corrections des diamètres : 0.
Temps ordinateur de calcul : 42 s (compilation du programme exceptée).

Reçue le 3 mars 1979

Institut Polytechnique, Jassy,
Chaire de Hydraulique et de
Hydroaméliorations

BIBLIOGRAPHIE

1. Trofin P., *Alimentări cu apă.* EDP, Buc., 1973.
2. Leu D., Pricop A., *Programarea în limbaj FØRTRAN a calculului reţelelor inelare de distribuţie a apei.* Comunicare prezentată la sesiunea jubiliară a Inst. polit., Iaşi, 1973.

STUDIUL REŢELELOR INELARE DE DISTRIBUŢIE A APEI PE ORDINATOARELE NUMERICE. PROGRAMUL CALCRET

(Rezumat)

Se prezintă programul CALCRET, care efectuează calculul hidraulic al reţelelor inelare de distribuţie a apei, pentru care se cunosc : configuraţia geometrică a reţelei, lungimile tronsoanelor, debitul de alimentare a reţelei şi debitele concentrate la noduri, cotele piezometrice minime necesare în noduri, seria diametrelor standard, materialul conductelor.

Este expusă programarea etapelor de calcul : repartizarea iniţială a debitelor pe tronsoane, determinarea diametrelor tronsoanelor, corectarea debitelor pentru îndeplinirea condiţiei impusă de neînchiderea pe inel etc.

Pentru a uşura înţelegerea şi aplicarea programului propus se prezintă un exemplu de calcul.

Secţia VI BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI 19

Tableau I

Maille	Tronçon	Débit l/s	Diamètre mm	Vitesse m/s
I	1–2	20,0810	150	1,137
	1–3	13,8832	125	1,152
	2–4	7,1244	100	0,908
	3–4	10,3479	125	0,844
II	2–4	7,1244	100	0,908
	2–5	7,8307	100	0,998
	4–7	5,2100	80	1,037
	5–6	5,0024	80	0,996
	6–7	2,3812	65	0,718
III	4–7	5,2100	80	1,037
	4–8	3,8683	65	1,466
	7–9	2,8488	65	0,859
	8–9	0,5097	50	0,26

Nombre de corrections des débits : 3.
Nombre de corrections des diamètres : 0.
Temps ordinateur de calcul : 42 s (compilation du programme exceptée).

Reçue le 3 mars 1979

Institut Polytechnique, Jassy,
Chaire de Hydraulique et de
Hydroamélioration

BIBLIOGRAPHIE

1. Trofin P., *Alimentări cu apă*. EDP Buc., 1973.
2. Leu Dş, Pricop A., *Programarea în limbaj FORTRAN a calculului reţelelor inelare de distribuţie a apei*. Comunicare prezentată la sesiunea jubiliară a Inst. polit., Iaşi, 1973.

STUDIUL REŢELELOR INELARE DE DISTRIBUŢIE A APEI PE ORDINATOARELE NUMERICE, PROGRAMUL CALCRET

(Rezumat)

Se prezintă programul CALCRET, care efectuează calculul hidraulic al reţelelor inelare de distribuţie a apei, pentru care se cunosc configuraţia geometrică a reţelei, lungimile tronsoanelor, debitul de alimentare a reţelei şi debitele concentrate la noduri, cotele piezometrice minime necesare în noduri, seria diametrelor standard, materialul conductelor.

Este expusă programarea etapelor de calcul; repartizarea iniţială a debitelor pe tronsoane, determinarea diametrelor tronsoanelor, corectarea debitelor pentru îndeplinirea condiţiei impusă de neluchiderea pe inel etc.

Pentru a uşura înţelegerea şi aplicarea programului, propus se prezintă un exemplu de calcul.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secţia VI
ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

C.D. 631.6

CONTRIBUTIONS À L'ÉTABLISSEMENT DE LA CAPACITÉ DE TRANSPORT DES CANIVEAUX PARABOLIQUES

PAR

DAN LOGHIN, DOBRICĂ LEU, ALEXANDRU CHIRILĂ et STELIANA TOMA

1. Introduction

Grâce à la colmatation, les débits véhiculés par les réseaux des caniveaux paraboliques préfabriqués du système d'irrigation présentent souvent des différences assez grandes par rapport aux débits déterminés par les courbes de tarage.

La colmatation détermine des modifications en fonction du temps des sections de contrôle, donc des paramètres géometriques (fig. 1) impliqués dans la formule de calcul du débit.

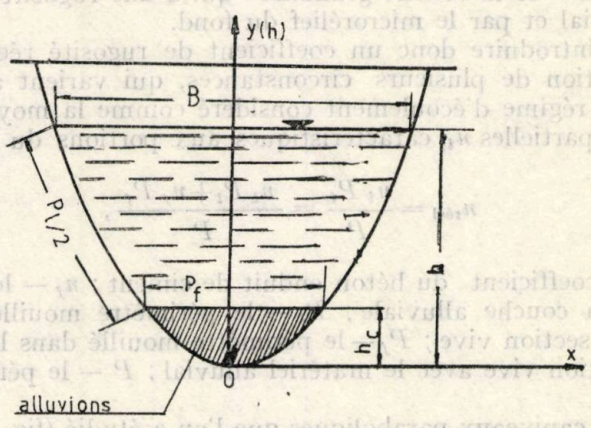


Fig. 1. — Section transversale du caniveau parabolique colmaté.

Les recherches récentes effectuées par les hydrauliciens soviétiques ont montré que si l'on ne considère pas l'influence du régime d'écoulement exercée sur le coefficient de rugosité on arrive à des erreurs de $\pm 40\%$ dans la détermination des débits.

En tenant compte de ces observations, dans une autre Note [1] on a recommandé que l'effet de ces modifications soit pris en considération par deux coefficients : le premier, de correction géométrique, que l'on a modélé du point de vue mathématique en déterminant sa valeur pour les cas les plus fréquents ; le second, qui doit tenir compte du régime d'écoulement.

Dans ce qui suit on se propose à étudier le second coefficient de correction qui considère l'influence du régime d'écoulement exercée sur le débit du caniveau.

2. Le modèle mathématique du phénomène

Pour déterminer le débit réel des caniveaux paraboliques nous recommandons que l'effet de ces modifications soit pris en considération par deux coefficients de correction en utilisant la relation :

$$(1) \qquad \frac{Q_{\text{réel}}}{Q_{\text{fictif}}} = c_c \frac{n_{\text{fictif}}}{n_{\text{réel}}} = c_c c_n,$$

où : $Q_{\text{réel}}$ est le débit réel transporté par le caniveau ; Q_{fictif} — le débit donné par la courbe de tarage ; c_c — le coefficient de correction géométrique [1] ; c_n — le coefficient de correction qui tient compte du régime d'écoulement (la vitesse d'écoulement, la forme de la couche alluviale, le diamètre moyen des particules du matériel déposé, la forme de la section, la pente du caniveau, le degré de la colmatation, la rugosité absolute du caniveau) ; $n_{\text{réel}}$ — le coefficient de rugosité réel ; n_{fictif} — le coefficient de rugosité utilisé dans les calculs.

Par colmatation la frontière rigide de l'écoulement devient hétérogène et on peut délimiter deux zones distinctes: les parois latéraux, ayant une rugosité qui corréspond au béton enduit de ciment et, à la part inférieure, la surface de la couche granulaire qui a une rugosité donnée par le matériel alluvial et par le microrélief du fond.

Il faut introduire donc un coefficient de rugosité réel qui est le résultat de l'action de plusieurs circonstances, qui varient avec le niveau de l'eau et le régime d'écoulement considéré comme la moyenne pondérée des rugosités partielles n_i, caractéristiques aux portions du périmètre P_i :

$$(2) \qquad n_{\text{réel}} = \frac{n_i P_i}{P} = \frac{n_l P_l + n_f P_f}{P},$$

où : n_l est le coefficient du béton enduit de ciment ; n_f — le coefficient de rugosité de la couche alluviale ; P_l — le périmètre mouillé dans la zone latérale de la section vive ; P_f — le périmètre mouillé dans la zone de contact de la section vive avec le matériel alluvial ; P — le périmètre mouillé ($P = P_l + P_f$).

Pour les caniveaux paraboliques que l'on a étudié (fig. 1) l'expression de calcul du coefficient de rugosité $n_{\text{réel}}$ est de la forme :

$$(3) \qquad n_{\text{réel}} = \frac{n_l(P_h - P_{hc}) + n_f B_{hc}}{P_h - P_{hc} + B_{hc}},$$

où P est le périmètre mouillé et B — la largeur à la surface ; les indices h et hc se réfèrent à la section noncolmatée et à la celle colmatée.

Les formules de calcul de ces éléments sont :

$$(4) \qquad P_h = p[\sqrt{2\tau(1+2\tau)} + \ln(\sqrt{2\tau} + \sqrt{1+2\tau})]$$

où :

$$\tau = \frac{h}{p}, \quad p = 0{,}2, \quad B_h = 1{,}2649 h^{0{,}5}.$$

Tableau 2

Valeurs du coefficient de rugosité n_f

h	h_c	Rréel	$i = 10^{-3}$			$i = 5.10^{-4}$			$i = 10^{-4}$		
			$d_{50} = 10^{-3}$	$d_{50}=5.10^{-4}$	$d_{50} = 10^{-4}$	$d_{50} = 10^{-3}$	$d_{50}=5.10^{-4}$	$d_{50} = 10^{-3}$	$d_{50} = 10^{-3}$	$d_{50}=5.10^{-4}$	$d_{50} = 10^{-4}$
0,2	0,05	0,1937403	0,01499	0,018773	0,012354	0,016435	0,02316	0,011175	0,02295	0,01377	0,010477
	0,10	0,07315007	0,014816	0,01919	0,011618	0,016438	0,02159	0,011029	0,018635	0,01274	0,00997
	0,15	0,0425275	0,014633	0,021128	0,01024	0,016849	0,01476	0,009568	0,01373	0,01095	0,008994
0,4	0,05	0,17389148	0,015647	0,0184377	0,014626	0,016765	0,02119	0,013606	0,02249	0,01748	0,01194
	0,10	0,16444433	0,015578	0,018437	0,01438	0,016718	0,02129	0,013419	0,02265	0,017048	0,01179
	0,15	0,15075993	0,01547	0,01842	0,014025	0,016652	0,02147	0,013136	0,02293	0,016425	0,011572
	0,20	0,1326219	0,015328	0,01848	0,01353	0,016568	0,02180	0,011256	0,02344	0,015600	0,011257
0,6	0,05	0,236746	0,016063	0,01853	0,016109	0,01707	0,0208	0,014733	0,02185	0,02048	0,012840
	0,10	0,2314418	0,01603	0,018529	0,01599	0,017047	0,020836	0,01464	0,021889	0,020214	0,012769
	0,15	0,22368	0,01598	0,018503	0,01581	0,01701	0,020865	0,01451	0,02194	0,019832	0,012664
	0,20	0,2134303	0,01592	0,01848	0,01557	0,01696	0,02091	0,01433	0,02202	0,01933	0,012523
0,8	0,05	0,29007615	0,01637	0,01866	0,01728	0,01732	0,02071	0,01557	0,02162	0,02333	0,013521
	0,10	0,286905	0,016357	0,01865	0,017216	0,01730	0,020717	0,015527	0,021632	0,02315	0,01348
	0,15	0,28212246	0,016331	0,01864	0,017113	0,01728	0,020722	0,01545	0,021648	0,02288	0,01342
	0,20	0,2757166	0,016296	0,018624	0,01697	0,01725	0,020731	0,015357	0,02167	0,022528	0,01334

Tableau 3

Valeurs du coefficient de correction

h	h_c	$i = 10^{-3}$			$i = 5.10^{-4}$			$i = 10^{-4}$		
		$d_{50} = 10^{-3}$	$d_{50} = 5.10^{-4}$	$d_{50} = 10^{-4}$	$d_{50} = 10^{-3}$	$d_{50} = 5.10^{-4}$	$d_{50} = 10^{-4}$	$d_{50} = 10^{-3}$	$d_{50} = 5.10^{-4}$	$d_{50} = 10^{-4}$
0,2	0,05	1,0096433	0,902109	1,101109	0,960924	0,79964	1,118	0,79243	1,025205	1,14595
	0,1	0,96418	0,805765	1,16266	0,895933	0,737284	1,15741	0,812704	1,0464117	1,209899
	0,15	0,9298821	0,678825	1,240085	0,824498	0,92171209	1,30378	0,9727	1,16579	1,35500
0,4	0,05	1,013128	0,9785129	1,052040	1,00444	0,927222	1,0679	0,892401	0,974000	1,08356
	0,10	0,9975089	0,9252766	1,031242	0,96346	0,85979	1,05527	0,822776	0,94157	1,08918
	0,15	0,972274	0,883777	1,022422	0,93165	0,80543	1,0519	0,766087	0,92744	1,10034
	0,20	0,951694	0,844624	1,025876	0,90407	0,75346	1,134259	0,710694	0,9295718	1,12078
0,6	0,05	1,03886	1,00309	1,03735	1,01863	0,96858	1,05271	0,94024	0,957008	1,062679
	0,10	1,01122	0,963299	1,012035	0,98705	0,9193505	1,0354	0,88993	0,916845	1,059178
	0,15	0,99053	0,932671	0,99468	0,9625	0,88133	1,0236	0,850928	0,89058	1,058400
	0,20	0,97270	0,905855	0,982615	0,941303	0,847879	1,0158	0,816405	0,873236	1,060048
0,8	0,05	1,0403173	1,0143856	1,029855	1,0247	0,9879	1,0448	0,963358	0,9466248	1,05138
	0,10	1,017993	0,982540	1,004416	0,99899	0,9489	1,027114	0,923508	0,90389	1,045100
	0,15	1,00063	0,957779	0,9856976	0,9788	0,9189	1,0140	0,892729	0,874141	1,040825
	0,20	0,9856589	0,9363524	0,9708577	0,96149	0,89291	1,0034	0,866135	0,8516117	1,037998

Tableau 2

λ	λ_0	Réel	$\varepsilon = 10^{-4}$			$\varepsilon = 5.10^{-4}$			$\varepsilon = 10^{-3}$		
			$d_{\lambda_0} = 10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 5.10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-3}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 5.10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-3}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 5.10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-3}$
0,2	0,05	0,1962403	0,0194709	0,0194774	0,0194844	0,0194435	0,0194744	0,0195114	0,0192577	0,0192947	0,0193317
	0,10	0,1974307	0,0196816	0,0196876	0,0196941	0,0196535	0,0196845	0,0197215	0,0194623	0,0194993	0,0195363
	0,15	0,1982773	0,0198503	0,0198563	0,0198628	0,0198224	0,0198534	0,0198904	0,0196313	0,0196683	0,0197053
0,4	0,05	0,1965449	0,0194709	0,0194774	0,0194844	0,0194435	0,0194744	0,0195114	0,0192577	0,0192947	0,0193317
	0,10	0,1974413	0,0196817	0,0196877	0,0196942	0,0196536	0,0196846	0,0197216	0,0194624	0,0194994	0,0195364
	0,15	0,1982788	0,0198503	0,0198563	0,0198628	0,0198224	0,0198534	0,0198904	0,0196313	0,0196683	0,0197053
	0,20	0,1990213	0,0199979	0,0200039	0,0200104	0,0199699	0,0200009	0,0200379	0,0197788	0,0198158	0,0198528
0,6	0,05	0,1965956	0,0194709	0,0194774	0,0194844	0,0194435	0,0194744	0,0195114	0,0192577	0,0192947	0,0193317
	0,10	0,1974413	0,0196817	0,0196877	0,0196942	0,0196536	0,0196846	0,0197216	0,0194624	0,0194994	0,0195364
	0,15	0,1982788	0,0198503	0,0198563	0,0198628	0,0198224	0,0198534	0,0198904	0,0196313	0,0196683	0,0197053
	0,20	0,1990213	0,0199979	0,0200039	0,0200104	0,0199699	0,0200009	0,0200379	0,0197788	0,0198158	0,0198528
0,8	0,05	0,1965956	0,0194709	0,0194774	0,0194844	0,0194435	0,0194744	0,0195114	0,0192577	0,0192947	0,0193317
	0,10	0,1974413	0,0196817	0,0196877	0,0196942	0,0196536	0,0196846	0,0197216	0,0194624	0,0194994	0,0195364
	0,15	0,1982788	0,0198503	0,0198563	0,0198628	0,0198224	0,0198534	0,0198904	0,0196313	0,0196683	0,0197053
	0,20	0,1990213	0,0199979	0,0200039	0,0200104	0,0199699	0,0200009	0,0200379	0,0197788	0,0198158	0,0198528

Tableau 3

λ	λ_0	$\varepsilon = 10^{-4}$			$\varepsilon = 5.10^{-4}$			$\varepsilon = 10^{-3}$		
		$d_{\lambda_0} = 10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 5.10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-3}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 5.10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-3}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 5.10^{-4}$	$d_{\lambda_0} = 10^{-3}$
0,2	0,05	1,0090431	0,9021809	1,1011809	0,9909924	0,7996964	1,118	0,7024143	1,0235205	1,1495205
	0,1	0,9041143	0,6957965	1,1026765	0,8959323	0,7272984	1,1571	0,6127104	1,0404117	1,2054299
	0,15	0,9029852	0,6758252	1,2460885	0,8944925	0,7271209	1,2073	0,6127	1,1057	1,3559
0,4	0,05	1,0113254	0,7283129	1,0320461	1,0044444	0,8072222	1,0629	0,6824601	0,9748889	1,0843519
	0,10	0,9072988	0,6232706	1,0312462	0,8963946	0,7095729	1,0953726	0,5822726	0,9414157	1,0891815
	0,15	0,9022174	0,5851277	1,0224222	0,8931665	0,7063543	1,0919	0,5788057	0,9275744	1,1001354
	0,20	0,9511004	0,5814024	1,0225556	0,8940107	0,7131646	1,1342459	0,5795178	0,9295718	1,1209158
0,6	0,05	1,0235586	1,0030209	1,0743253	1,0146053	0,9063538	1,0232211	0,9149243	0,9535008	1,1850279
	0,10	1,0111272	0,9612599	1,0120153	0,9975705	0,8919305	1,0234	0,8809213	0,9168453	1,1059178
	0,15	0,9900334	0,9425071	0,9904604	0,9862533	0,8841533	1,0236	0,8590928	0,8905535	1,0958900
	0,20	0,9727470	0,9058853	0,9826015	0,9741230?	0,8818379	1,0155	0,8164605	0,8732536	1,0800648
0,8	0,05	1,0403179	1,0124350	1,0229353	1,0247	0,9036	1,0448	0,9033135	0,9460246	1,0513158
	0,10	1,0172093	0,9823440	1,0044116	0,9983099	0,9180	1,0227104	0,9233905	0,9093580	1,0843100
	0,15	1,0000003	0,9727270	0,9956076	0,9885	0,9139	1,0140	0,8927129	0,8824141	1,0580425
	0,20	0,9873589	0,9364324	0,9708577	0,9614849	0,8982091	1,0034	0,8661135	0,8531611	1,0372953

Les valeurs du coefficient de rugosité des parois latéraux sont déterminés en utilisant les relations proposées par A. K. Jaine [3]:

$$\frac{1}{\lambda_l^{0,5}} = 1{,}14 - 2\log\left(\frac{k}{4R} + \frac{21{,}25}{\mathcal{R}e^{0,9}}\right) \tag{6}$$

et

$$n_l = \lambda_l^{0,5} R^{1/6} (8g)^{-0,5}, \tag{7}$$

où : λ_l est le coefficient de résistance hydraulique du périmètre mouillé latéral; $\mathcal{R}e = 4vR/\nu$ — nombre de Reynolds de l'écoulement; v — la vitesse moyenne dans la section de l'eau; R — la rayon hydraulique; ν — le coefficient de viscosité cinématique de l'eau (il varie avec la température : à 10°C, $\nu_{10} = 1{,}31 \cdot 10^{-6}$ m²/s et à 20°C, $\nu_{20} = 1{,}01 \cdot 10^{-6}$ m²/s); k — la rugosité absolue des parois; $k = 5 \cdot 10^{-4}$ m.

La relation est applicable pour les trois zones de l'écoulement tourbulent: lisse, de transition et âpre. Pour la majorité du domaines des valeurs du rapport $k/4R$, ($10^{-5} \leqslant k/4R \leqslant 10^{-3}$) et pour $10^4 \leqslant \mathcal{R}e \leqslant 10^7$ l'erreur relative introduite par la formule (6), par rapport à la relation Colebrook-White, est sous $5 \cdot 10^{-3}$ [3].

Pour le calcul du coefficient de rugosité, n_f, on a utilisé les relations de Chi Emeka Ilo [4]:

$$\lambda_f = 0{,}017 \exp\left(\frac{\mathcal{R}e_*}{11{,}16 - 2{,}50\,\mathcal{R}e_*}\right), \text{ pour } \mathcal{R}e_* < 2;$$

$$\lambda_f = 0{,}017 \exp\left(\frac{\mathcal{R}e_*^{0,377}}{7{,}26 - 2{,}50\mathcal{R}e_*^{0,377}}\right), \text{ pour } 2 < \mathcal{R}e_* < 10;$$

$$\lambda_f = 0{,}017 \exp\left(\frac{\mathcal{R}e_*^{-0,176}}{2{,}035 - 2{,}5\,\mathcal{R}e_*^{-0,176}}\right), \text{ pour } 10 < \mathcal{R}e_* < 500;$$

$$\lambda_f = 0{,}0225, \quad \text{pour} \quad \mathcal{R}e_* > 500,$$

où $\mathcal{R}e_* = v_*/d_{50}\nu$, $v_* = \sqrt{gRi}$ et d_{50} — le diamètre caractéristique de la couche alluviale, i — la pente du caniveau; les autres notations ont la signification ci-dessus.

3. Résultats obtenus

La détermination des valeurs du coefficient n_l est effectuée à l'aide d'un sousprogramme de calcul réitératif qui s'arrête quand l'erreur relative de la valeur calculée devient moindre que $3 \cdot 10^{-3}$. La valeur initiale du coefficient de rugosité a été 0,013 [5]. On a obtenu les valeurs du tableau 1.

Un second sousprogramme détérmine les valeurs du coefficient n_f, en utilisant les relations (8); ces valeurs sont données dans le tableau 2.

En assemblant les deux sousprogrammes, conformément aux formules (1) et (3), on a déterminé les valeurs du coefficient de correction (tableau 3).

Tableau 1

Valeurs du coefficient n_1

h	T / R \ i	20°C			10°C		
		10^{-4}	5.10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	5.10^{-4}	10^{-3}
0,2	0,10384	0,0119364	0,0115442	0,0114323	0,0121142	0,0116496	0,0115143
0,4	0,17854	0,0120160	0,0117114	0,0116262	0,0121566	0,0117924	0,0116886
0,6	0,23928	0,0121029	0,0118370	0,0117636	0,0122267	0,0119075	0,0118174
0,8	0,29151	0,0121772	0,0119350	0,0118682	0,1022908	0,0119988	0,0119170

4. Conclusions

L'emploi des coefficients que nous venons à proposer conduit à une juste estimation des débits transportés par les caniveaux paraboliques.

Reçue le 11 février 1980

Institut Polytechnique, Jassy, Chaire de Hydraulique et Hydroamélierations

BIBLIOGRAPHIE

1. Leu D., Loghin D., Loghin D., Toma St., *L'influence de la colmatation sur la capacité des caniveaux paraboliques*. Bul. Inst. polit., Iași, **XXIV (XXVIII)**, *1—4*, s. VI (1978).
2. Mateescu Cr., *Hidraulica*. EDP, Buc., 1961.
3. Jain A., *Accurate Explicit Equation for Friction Factor*. J. of the Hydr. Div., **102**, *HY 5* (1976).
4. Chi Emeka Ilo, *Sediment Movement and Friction in Alluvial Streams*. J. of the Hydr. Div., **101**, *12* (1975).
5. Cioc D., *Hidraulica*. EDP, Buc., 1976.

CONTRIBUȚII LA STABILIREA CAPACITĂȚII DE TRANSPORT A JGHEABURILOR COLMATATE

(Rezumat)

De-a lungul perioadei de irigație colmatarea jgheaburilor din rețeaua de distribuție a apei conduce la vehicularea unor debite diferite de cele determinate cu ajutorul cheilor limnimetrice.

Se propune ca efectul modificărilor ce au loc datorită colmatării, exercitat asupra debitului transportat de jgheaburi, să fie luat în considerare prin doi coeficienți de corecție aplicați debitului stabilit pe baza citirilor la mină și anume : c_c, care ține seama de colmatare și c_n, care ia în considerare regimul de curgere.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secţia VI
ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

C.Z. 627.1

APLICAREA METODEI MUSKINGUM-CUNGE LA DETERMINAREA PARAMETRILOR DE CALCUL AI PROPAGĂRII VIITURII PE RÎUL BÎRLAD, ÎN SECTORUL VASLUI—BÎRLAD

DE

EMANOIL BÂRSAN

1. Consideraţii generale

Calculul propagării viiturilor în albie, plecînd de la ecuaţiile Saint Venant, este destul de complicat [1]. Ca urmare, hidrologii folosesc metode simplificate pentru rezolvarea propagării viiturilor pentru cazurile ivite în practică.

În mod deosebit, cunosc o aplicare largă metodele Muskingum şi Kalinin-Miliukov atît pentru calculul propagării viiturilor cît şi ca parte componentă a modelelor ploaie—debit.

În aplicarea lor o atenţie deosebită se acordă determinării parametrilor de calcul, adică calibrării modelului propus de aceste metode.

Ecuaţiile de bază ale acestor metode sînt:

$$\frac{dW}{dt} = Q(x,t) - Q(x+\Delta x, t), \tag{1}$$

$$W = K[XQ(x,t) - (1-X)\,Q(x+\Delta x, t)], \tag{2}$$

unde: x şi t reprezintă coordonata spaţiului în direcţia curentului şi respectiv coordonata timpului; Δx — lungimea unui sector de albie; W — volumul acumulat într-un sector x; $Q(x,t)$ — debitul la capătul amonte al sectorului considerat, la timpul t; $Q(x+\Delta x, t)$ — debitul la capătul aval al sectorului considerat, la timpul t; K şi X — parametri.

Ecuaţia (1) este o relaţie de bilanţ iar ecuaţia (2) reprezintă o legătură între debitele de la capetele sectorului considerat şi volumul de apă acumulat, la un moment dat. Parametrii K şi X caracterizează albia din punct de vedere al mecanismului de acumulare şi evacuare a apei din sectorul respectiv.

Ecuaţia (2), scrisă pentru un sector de albie de lungime oarecare, stă la baza metodei Muskingum. Dacă $X=0$, ecuaţia (2) devine:

$$W = KQ(x+\Delta x, t). \tag{3}$$

Relația (8), care stă la baza metodei Kalinin-Miliukov, cere să se precizeze de la început lungimea sectorului Δx.

Mult timp ecuația (2) (metoda Muskingum) a fost socotită de natură empirică. Parametrii se stabileau după metodologia arătată în [6] și [7] prin calibrarea modelului, folosind înregistrări anterioare.

Cunge (1969) [2], [4], [5], studiind diferitele procedee folosite în calculul hidrografului debitului din capătul amonte al sectorului, $Q(x+\Delta x, t)$, a arătat că ecuația (2) aproximează o ecuație de convecție-difuzie.

Parametrii K și X sînt dați de expresiile:

$$(4) \qquad K = \frac{\Delta x}{c}, \qquad (5) \qquad X = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{q}{i_p\, c\, \Delta x}\right),$$

unde: c — celeritatea undei cinematice; q — debitul pe unitatea de lățime; i_p — panta fundului albiei.

Prin metoda propusă de Cunge, parametrii de calcul K și X pot fi puși în legătură cu caracteristicile hidraulice și morfometrice ale albiei, eliminînd necesitatea calibrării modelului matematic și sporind totodată capacitatea de prevedere a metodei.

Folosind metoda Muskingum-Cunge, calculul propagării viiturii se efectuează prin metoda parametrilor globali [2], [5] sau prin metoda parametrilor variabili [4].

Metoda parametrilor globali folosește valori medii pentru mărimile c, q și i_p din relațiile (4) și (5). Hidrograful determinat prin metoda parametrilor globali depinde de valoarea de plecare a debitului [4].

Metoda parametrilor variabili renunță la simplitate, recurgînd la o analiză detaliată a coeficienților de propagare.

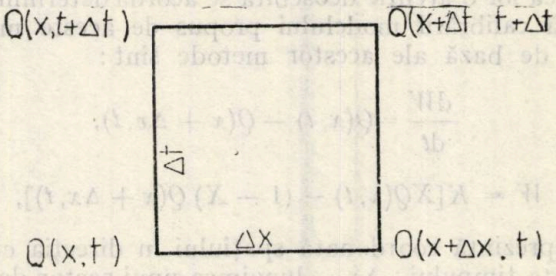


Fig. 1

Folosind notațiile din fig. 1 metoda Muskingum exprimă debitul de ieșire din sectorul considerat, Δx, la timpul $t+\Delta t$, prin relația:

$$(6) \qquad Q(x+\Delta x, t+\Delta t) = C_1 Q(x,t) + C_2 Q(x, t+\Delta t) + C_3 Q(x+\Delta x, t),$$

unde coeficienții C_1, C_2, C_3 sînt dați de expresiile:

$$(7) \qquad C_1 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X) + \Delta t}, \qquad (8) \qquad C_2 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X) + \Delta t},$$

$$(9) \qquad C_3 = \frac{2K(1-X) - \Delta t}{2K(1-X) + \Delta t}.$$

2. Determinarea parametrilor propagării viiturii pe rîul Bîrlad în sectorul Vaslui—Bîrlad

Pentru aplicarea metodei M u s k i n g u m-C u n g e, atît în varianta cu parametrii globali cît și în varianta cu parametrii variabili, de o mare importanță este găsirea relației debit—secțiune vie, adică $Q=f(A)$ [3], [5]. Această legătură este de forma:

$$Q = \alpha A^m, \tag{10}$$

în care α și m sînt coeficienți de propagare a căror valori depind de forma și rugozitatea albiei.

Tabelul 1

Elemente hidraulice și morfometrice pentru profilul transversal al rîului Bîrlad, S.H. Vaslui

Nr. crt. secțiune	A m²	Q m³	log A	log Q	B m	q m³/m	m	c m/s
1	2,05	0,34	—	—	6,4	0,053	—	—
2	2,071	0,37	—	—	6,8	0,108	—	—
3	3,41	1,20	0,532	0,079	7,2	0,166	0,148	0,052
4	4,17	1,82	0,62	0,26	7,6	0,239	2,056	0,897
5	4,98	2,58	0,697	0,411	8,0	0,322	1,962	1,019
6	5,84	3,55	0,766	0,55	8,4	0,422	2,014	1,224
7	6,73	4,55	0,828	0,658	9,0	0,505	1,741	1,171
8	7,65	5,58	0,883	0,754	9,2	0,617	1,745	1,295
9	8,61	6,92	0,935	0,84	9,6	0,72	1,653	1,328
10	9,63	8,25	0,983	0,916	10,0	0,825	1,583	1,356
11	10,70	10,20	1,029	1,008	10,6	0,962	1,999	1,905
12	11,80	12,30	1,071	1,089	11,0	1,118	1,928	2,009
13	12,94	15,00	1,111	1,175	11,4	1,315	2,606	3,02
14	14,13	18,00	1,15	1,255	11,8	1,525	2,051	3,886
15	15,41	22,00	1,187	1,342	12,6	1,746	2,351	3,356
16	17,44	26,00	1,241	1,414	20,0	1,30	1,199	1,788
17	28,93	30,50	1,461	1,484	76	0,401	0,327	0,344
18	35,41	37,00	1,54	1,568	87	0,425	1,066	1,111
19	39,85	46,80	1,60	1,67	95	0,492	0,871	1,022
20	49,39	58,00	1,693	1,763	96	0,604	0,999	1,173
21	58,97	69,50	1,77	1,841	96,6	0,719	1,012	1,192
22	68,60	81,20	1,836	1,909	97,4	0,833	1,03	1,219
23	79,88	92,90	1,902	1,968	98,8	0,94	0,893	1,038
24	89,68	105,00	1,952	2,021	99,4	1,056	1,06	1,241
25	100,48	118,00	2,002	2,071	100,4	1,175	1,00	1,174
26	100,38	131,00	2,042	2,117	101,4	1,291	1,15	1,363
27	121,36	144,00	2,084	2,158	102,0	1,411	0,976	1,158
28	131,46	157,00	2,118	2,195	103,0	1,524	1,088	1,299
29	142,66	170,00	2,154	2,23	103,4	1,644	0,972	1,158
30	155,22	183,00	2,190	2,262	104,2	1,756	0,888	1,046
31	164,52	196,00	2,216	2,92	104,8	1,87	1,153	1,373
32	174,96	210,00	2,242	2,322	105,2	1,996	1,153	1,368
33	186,38	224,00	2,27	2,35	106,0	2,113	0,999	1,20
34	196,88	238,0	2,294	2,376	106,8	2,229	1,083	1,309
35	207,48	252,0	2,316	2,401	107,2	2,35	1,136	1,379
36	217,90	266,0	2,338	2,424	107,8	2,467	1,045	1,275

Relaţia (10), pentru o secţiune concretă, se poate obţine considerînd diferite adîncimi ale albiei. Se calculează A — secţiunea vie a albiei şi Q — debitul din cheia limnimetrică.

În tabelul 1, în funcţie de cheia limnimetrică tabelară şi hidrograma viiturii din 7—20 aprilie 1979, sînt arătate pentru 36 de secţiuni vii perechile de valori ale lui Q şi A pentru secţiunea transversală a rîului Bîrlad la staţia hidrometrică Vaslui.

Tabelul 2

Elemente hidraulice şi morfometrice pentru profilul transversal al rîului Bîrlad, S.H. Bîrlad

Nr. crt. secţiune	A m²	Q m³	log A	log Q	B m	q m³/m	m	c m/s
1	6,82	3,78	0,853	0,577	21,2	0,178	0,692	0,377
2	9,29	5,58	0,968	0,746	27,2	0,205	1,251	0,751
3	12,01	7,48	1,079	0,873	33,0	0,226	1,144	0,712
4	14,95	9,48	1,174	0,976	37,0	0,256	1,084	0,687
5	19,23	11,60	1,284	1,064	41,4	0,28	0,799	0,481
6	23,69	14,10	1,374	1,149	44,8	0,314	0,944	0,591
7	28,40	16,10	1,453	1,22	49,6	0,334	0,898	0,524
8	34,01	19,10	1,531	1,281	54,0	0,353	0,782	0,439
9	39,86	22,4	1,600	1,350	60,0	0,373	0,999	0,561
10	45,95	27,9	1,662	1,445	62,0	0,45	1,153	0,93
11	52,255	33,00	1,718	1,544	64,0	0,546	1,767	1,183
12	58,785	46,5	1,769	1,667	66,6	0,698	2,411	1,907
13	65,81	58,0	1,818	1,763	78,0	0,743	1,959	1,726
14	73,66	72,8	1,867	1,862	79,0	0,921	2,02	1,996
15	76,64	90,0	1,884	1,954	80,0	1,125	2,34	1,927
16	85,60	107,00	1,932	2,029	80,4	1,33	1,56	1,93
17	93,65	125,00	1,971	2,096	81,0	1,543	1,717	2,291
18	101,73	143,00	2,007	2,155	81,4	1,756	1,638	2,302
19	109,84	162,00	2,04	2,209	82,0	1,975	1,636	2,412
20	118,01	181,00	2,041	2,257	82,6	2,191	1,548	2,374
21	126,23	202,00	2,101	2,305	83,0	2,433	1,599	2,544

În tabelul 2, în funcţie de cheia limnimetrică tabelară şi hidrograma viiturii din 9—19 aprilie 1979, sînt arătate pentru 21 secţiuni vii perechile de valori a lui Q şi A pentru secţiunea transversală a rîului Bîrlad la staţia hidrometrică Bîrlad.

În cazul cînd se folosesc parametrii globali [2] sînt posibile două metode pentru determinarea lui α şi m.

Prima consideră că relaţia (10) pentru un sector Δx reprezintă media pe sectorul respectiv. La diferite timpuri t se calculează ariile secţiunilor vii şi debitele la capetele sectorului Δx. Se determină mediile pentru A şi Q. Se determină α şi m ce se vor folosi la pasul următor de timp. Dezavantajul acestei metode îl constituie o posibilă oscilare a hidrografului de ieşire din sector din cauză că α şi m, pentru secţiunea vie medie, nu reprezintă caracteristicile curgerii la capătul aval al sectorului.

A doua metodă, care este mai simplă pentru aplicarea în practică, presupune că legătura debit —secțiune vie pe întregul sector este reprezentată prin relația debit—secțiune vie din capătul aval al sectorului și pe baza acesteia din urmă se calculează α și m pe întregul sector. Metoda introduce aproximații.

Dacă șirul de perechi Q și A are mai multe valori este necesar un timp mai mare pentru determinarea lui α și m. Atunci se poate aplica următorul procedeu pentru determinarea lui α și m, direct, fără a fi necesară o reprezentare grafică. Se consideră o dreaptă care trece prin două puncte succesive date pentru care se cunosc valorile $\log Q$ și $\log A$ (tabelele 1 și 2). Se calculează α și m. Acest ultim procedeu se va folosi, în continuare, pentru aplicarea metodei Muskingum-Cunge cu parametri variabili.

Se presupune că este necesar să se studieze propagarea unei viituri pe sectorul Δx de pantă i_p folosind pasul de timp Δt. Pentru a aplica metoda Muskingum-Cunge trebuie să se cunoască c și q din relațiile (4) și (5). Valorile lui c și q pentru punctul (x, t) din schema de calcul din fig. 1 se definesc cu relațiile:

$$(11) \qquad c = \left.\frac{dQ}{dA}\right|_{x,t}, \qquad (12) \qquad q = \left.\frac{Q}{B}\right|_{x,t}.$$

Următoarele posibilități de determinare a lui c și q se pot folosi pentru a calcula pe X și K:

a) direct, prin folosirea mediei valorilor a două puncte ((x, t) și $(x+\Delta x, t)$) din schema de calcul (fig. 1);

b) direct, prin folosirea mediei valorilor a trei puncte ((x, t), $(x+\Delta x, t)$ și $(x, t+\Delta t)$) din schema de calcul;

c) prin iterație, folosind media celor patru puncte din schema din fig. 1.

Procedeul indicat la punctul b) este relativ simplu și introduce aproximații acceptabile în problemele practice.

3. Exemplu

Studiul propagării viiturii prin metoda Muskingum-Cunge cu parametri variabili s-a efectuat pe rîul Bîrlad în sectorul Vaslui—Bîrlad ($\Delta x = 75$ km).

Elementele de start în calcul au fost următoarele: a) profilul transversal la mira, rîul Bîrlad, SH Vaslui; b) profilul transversal la mira, rîul Bîrlad, SH Bîrlad; c) panta medie a patului albiei (0,426%); d) hidrograma viiturii din 7—20 aprilie 1979 la Vaslui; e) cheia limnimetrică tabelară, rîul Bîrlad, SH Vaslui; f) hidrograma viiturii din 9—19 aprilie 1979, rîul Bîrlad, SH Bîrlad; g) cheia limnimetrică tabelară, rîul Bîrlad, SH Bîrlad; h) studiul privind prefecționarea sistemului de avertizare și prognoză a viiturilor în bazinul hidrografic Bîrlad, etapa II — program de implementare — întocmit de IMH București la 15 XI 1978.

Pașii de calcul au fost următorii:

a) punerea în corespondență a debitului cu secțiunea vie aferentă pentru secțiunea transversală a albiei la SH Vaslui (tabelul 1) și SH Bîrlad

(tabelul 2) pe baza elementelor primare enumerate mai înainte, pentru diferite adîncimi;

b) determinarea grafică a lăţimii B a secţiunii vii (nivelul superior) (tabelele 1 şi 2);

c) determinarea debitului pe unitatea de lăţime q pentru diverse nivele ale apei în albie (tabelele 1 şi 2);

d) calculul coeficienţilor α şi m prin considerarea unei drepte ce trece prin două perechi succesive de valori ale parametrilor Q şi A (tabelele 1 şi 2);

e) determinarea celerităţii cu relaţia $c=mQ/A$ (tabelele 1 şi 2);

f) determinarea parametrilor K şi X cu relaţiile (4) şi (5);

g) determinarea coeficienţilor C_1, C_2, C_3 cu relaţiile (7), (8), (9);

h) efectuarea studiului propagării hidrografului din secţiunea Vaslui la secţiunea Bîrlad, pe rîul Bîrlad, folosind relaţia (6) (fig. 2).

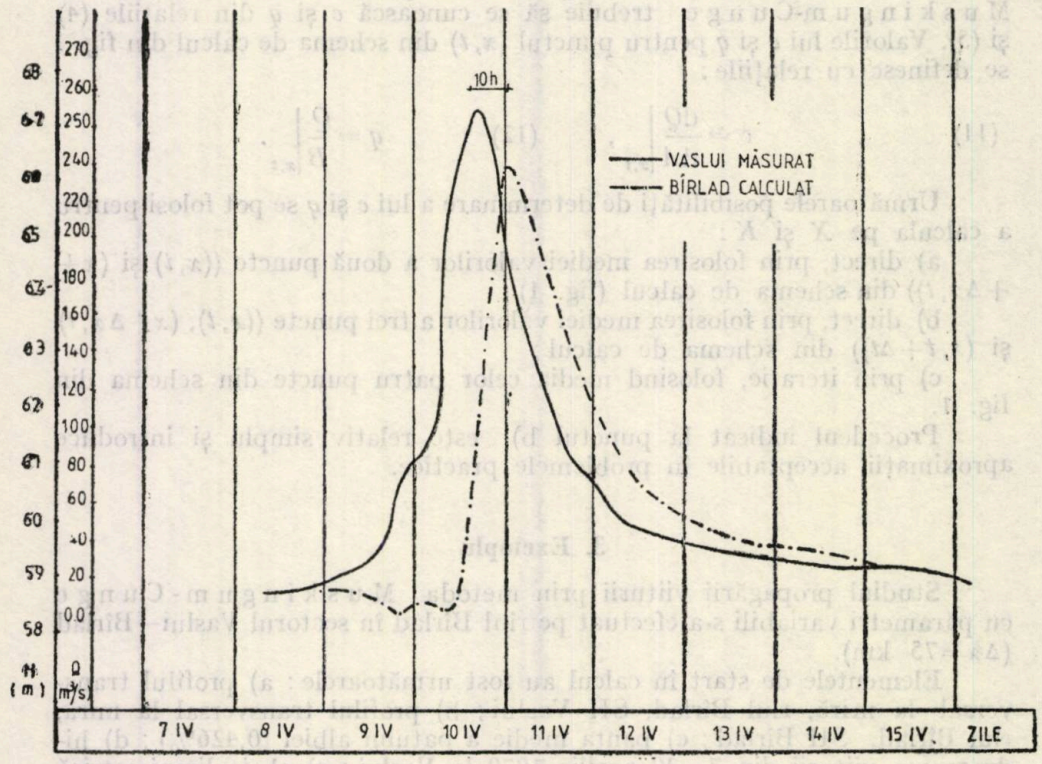


Fig. 2

4. Rezultatele propagării viiturii

Albia sectorului Vaslui—Bîrlad de pe rîul Bîrlad, în care s-a efectuat studiul propagării hidrografului s-a considerat regularizată şi îndiguită. Nu există secţiuni cu creşteri bruşte ale lăţimii albiei (inundaţii laterale). Pasul de timp adoptat este $\Delta t=3$ ore. Timpul de propagare a

maximului viiturii pe sectorul Vaslui—Bîrlad este de 10 ore, ceea ce concordă cu studiul IMH—București (fig. 3). Parametrul X are valori cuprinse între 0,477 ... 0,492.

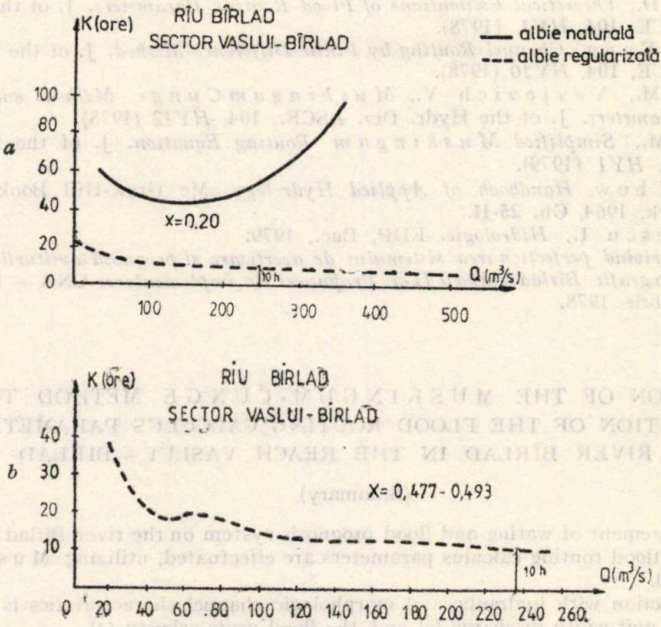


Fig. 3

5. Concluzii

1. Pentru studiul propagării viiturii pe un sector de rîu regularizat și îndiguit s-a ales ca metodă procedeul M u s k i n g u m-C u n g e în care parametrii de calcul s-au stabilit prin metoda indicată de C u n g e (relațiile (4) și (5)).

2. Legătura cu caracteristicile hidraulice și morfometrice ale albiei se realizează prin intermediul debitului pe unitatea de lățime (q) și celeritate (c). Aceste mărimi s-au determinat direct prin folosirea mediei valorilor a trei puncte din schema de calcul din fig. 1.

3. Metoda M u s k i n g u m-C u n g e, folosită pentru studiul propagării viiturii pe sectorul Vaslui—Bîrlad de pe rîul Bîrlad, în ipoteza albiei regularizate și fără aport de debite laterale, duce la rezultate apropiate de studiul efectuat de IMH—București, ceea ce dovedește valabilitatea metodei (fig. 3 *a* și 3 *b*).

4. Metodologia arătată anterior, cerînd un volum mare de calcul, impune întocmirea unui program automat de calcul.

Primită la 17 ianuarie 1980

Institutul politehnic, Iași,
Catedra de beton armat și
construcții hidrotehnice

BIBLIOGRAFIE

1. Todini E., *The Arno River Model Problems, Methodologies and Techniques, Computer Simulation of Water Resources Systems.* IFIP, North-Holland/American Elsevier, 1975.
2. Kousis A. D., *Theoretical Estimations of Flood Routing Parameters.* J. of the Hyd. Div. ASCE, **104**, *HY1* (1978).
3. Huang H. Yang, *Channel Routing by Finite Difference Method.* J. of the Hydr. Div., ASCE, **104**, *HY10* (1978).
4. Ponce V. M., Yevjevich V., *Muskingum-Cunge Method with Variable Parameters.* J. of the Hydr. Div. ASCE., **104**, *HY12* (1978).
5. Ponce V. M., *Simplified Muskingum Routing Equation.* J. of the Hydr. Div., **105**, *HY1* (1979).
6. Ven Ten Chow, *Handbook of Applied Hydrology.* Mc Graw-Hill Book Co. New-York, 1964, Ch. **25-II.**
7. Vladimirescu I., *Hidrologie.* EDP, Buc., 1979.
8. * * * *Studiu privind perfecționarea sistemului de avertizare și prognoză a viiturilor în bazinul hidrografic Bîrlad, etapa a II-a. Propuneri de implementare.* CNA — IMH, 15 noiembrie 1978.

APPLICATION OF THE MUSKINGUM-CUNGE METHOD TO THE DETERMINATION OF THE FLOOD ROUTING CALCULUS PARAMETERS ON THE RIVER BÎRLAD IN THE REACH VASLUI – BÎRLAD

(Summary)

For improvement of waring and flood prognosis system on the river Bîrlad in the reach Vaslui — Bîrlad, flood routing calculus parameters are effectuated, utilizing Muskingum-Cunge method.

The connection with hydraulic and morphologic channel characteristics is realized by utilisation of the unit-width discharge (q) and the flood wave celerity (c).

This elements are directly determined by using a three-point average of the values at grid points represented in Fig. 1.

The Muskingum-Cunge method leads to results comparable to those obtained in the study carried out by the IMH – Bucharest, which utilized the Muskingum method presented in [6] and [7].

The advantage offered by the Muskingum-Cunge method will be utilized for the warning and prognosis in all reaches of the watershed Bîrlad.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secția VI
ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

C.Z. 778.38

MODEL ANALITIC GEOFOTOGRAMETRIC DE STEREOTRIANGULARE ȘI DIGITALIZARE A SUPRAFEȚELOR COLMATATE (I)

DE

IULIAN BARBĂLATĂ

1. Introducere

Prin multitudinea informațiilor pe care le furnizează, fotogrametria oferă în prezent un cadru larg și corespunzător analizei calitative și cantitative a diverselor procese dinamice.

O caracteristică esențială a metodelor fotogrametrice o constituie înregistrarea completă a suprafeței studiate, fiind posibilă efectuarea de măsurători de o manieră continuă sau într-un mare număr de puncte. Fluxul informațional înregistrat în momentul preluării fotogramelor poate fi stocat, conservat și folosit în orice împrejurare la prelucrarea digitală a acestora la calculatoare electronice.

Metodele fotogrametrice analitice permit să se evalueze, pe baza coordonatelor în spațiu și timp ale punctelor caracteristice suprafețelor cercetate, modificările survenite și direcțiile dominante ale influenței anumitor factori.

Distribuția cvadridimensională a punctelor reperate pe suprafețele studiate constituie factorul determinant în evaluarea cantitativă a modificărilor topografice și în evaluarea calitativă a fenomenelor cercetate.

Aceste considerații ne-au condus la aplicarea metodelor fotogrametrice analitice la analiza cantitativă și calitativă a proceselor de colmatare, prin înregistrarea fotogrametrică a suprafețelor lacurilor golite și exploatarea digitală la calculatoare electronice a fenomenului informațional astfel obținut.

În adoptarea modelelor matematice folosite în acest studiu s-a optat pentru utilizarea maximă a informației fotogrametrice, evitîndu-se în mod deliberat dependența față de ridicările clasice topo-geodezice [10].

Din analiza inițială a tehnicilor fotogrametrice analitice și din simularea propagării erorilor se constată că se pot obține precizii în spațiul obiect cuprinse între 1/25 000 și 1/50 000 pe direcția tuturor coordonatelor, dacă se folosesc trei sau patru stații de preluare a fotogramelor cu axe convergente, dacă se determină coordonatele imagine ale unei rețele de puncte de control relative (PRC) cu deviații standard de $\pm 5\mu \ldots \pm 10\mu$ și dacă se efectuează o compensare riguroasă simultană a tuturor observațiilor folosind tehnicile metodei celor mai mici pătrate (MCMMP)[6].

În scopul realizării unor precizii compatibile cu analiza colmatărilor, cercetările și experimentările s-au axat pe adoptarea tehnicilor triangulației fotogrametrice satelitare, adaptîndu-le măsurătorilor din domeniul distanțelor finite. Deoarece în aplicațiile efectuate singurele puncte de control considerate sînt puncte relative marcate prin repere (discuri, ja-

loane,) mire etc.), triangulația fotogrametrică s-a efectuat într-un sistem de coordonate asociat unei camere. Axa OX a fost definită astfel încît să coincidă cu linia de bază care unește stațiile extreme, axa OY corespunde unei direcții perpendiculare pe axa OX în centrul de proiecție al camerei din stația primară, iar axa OZ corespunde cu direcția verticalei centrului de proiecție al acestei camere.

Pozițiile celorlalte camere au fost reconstituite în raport cu camerele extreme, folosind principiile intersecției fascicolelor perspective. Avînd în vedere că intersecția are proprietatea de a fi independentă de scară, linia de bază care unește stațiile extreme a fost considerată în mod arbitrar ca lungime unitară.

Consecința principală a folosirii punctelor de control relative constă în faptul că modelul fotogrametric poate fi reconstituit cu o libertate completă față de o rețea absolută de puncte de control (PCA) predeterminate geodezic și nu poate fi în nici un caz afectat de erorile inerente ale acestor puncte.

2. Modelul matematic proiectiv

Acest model este derivat din ecuațiile de colinearitate, care pentru un punct $j=1, 2, ..., n$, înregistrat din stația $i=1, 2, ..., m$, au forma [9]:

$$(2.1)\quad \begin{cases} x_{ij}=x_{p_i}+c_i\dfrac{A_i(X_j-X_i^c)+B_i(Y_j-Y_i^c)+C_i(Z_j-Z_i^c)}{D_i(X_j-X_i^c)+E_i(Y_j-Y_i^c)+F_i(Z_j-Z_i^c)}, \\ y_{ij}=y_{p_i}+c_i\dfrac{A_i'(X_j-X_i^c)+B_i'(Y_j-Y_i^c)+C_i'(Z_j-Z_i^c)}{D_i(X_j-X_i^c)+E_i(Y_j-Y_i^c)+F_i(Z_j-Z_i^c)}, \end{cases}$$

în care: x_{ij}, y_{ij} — coordonatele imagine ale PRC; x_{p_i}, y_{p_i} — coordonatele imagine ale punctului principal; c_i — distanța principală;

$$\begin{bmatrix} A & B & C \\ A' & B' & C' \\ D & E & F \end{bmatrix}_i$$

— matricea ortogonală de rotație ale cărei elemente, pentru cazul fotogramelor terestre, sînt funcție de unghiul azimutal α_i, unghiul de elevație ω_i și unghiul de rotație $\varkappa_i$; X_j, Y_j, Z_j — coordonatele în spațiul obiect ale PRC; X_i^c, Y_i^c, Z_i^c — coordonatele în spațiul obiect ale centrelor de proiecție.

Dezvoltînd membrul al doilea în ecuațiile de coliniaritate (2.1) și împărțind numărătorul și numitorul prin $-(D_iX_i^c+E_i^cY_i^c+F_iZ_i^c)$ rezultă:

$$(2.2)\quad x_{ij}=\frac{a_1^iX_j+a_2^iY_j+a_3^iZ_j+a_4^i}{a_9^iX_j+a_{10}^iY_j+a_{11}^iZ_j+1}; \quad y_{ij}=\frac{a_5^iX_j+a_6^iY_j+a_7^iZ_j+a_8^i}{a_9^iX_j+a_{10}^iY_j+a_{11}^iZ_j+1},$$

în care parametrii de transformare proiectivă (PTP) corespunzători unei stații sînt exprimați de relațiile [9], [4]:

$$
(2.3)\quad \begin{cases}
a_1^i=-\dfrac{1}{V_i}(x_pD+cA)_i,\ a_2^i=-\dfrac{1}{V_i}(x_pE+cB)_i,\ a_3^i=-\dfrac{1}{V_i}(x_pF+cC)_i,\\
a_4^i=\dfrac{1}{V_i}(x_pD+cA)_iX_i^c+\dfrac{1}{V_i}(x_pE+cB)_iY_i^c+\dfrac{1}{V_i}(x_pF+cC)_iZ_i^c,\\
a_5^i=-\dfrac{1}{V_i}(y_pD+cA')_i,\ a_6^i=-\dfrac{1}{V_i}(y_pE+cB')_i,\ a_7^i=-\dfrac{1}{V_i}(y_pF+cC')_i,\\
a_8^i=\dfrac{1}{V_i}(y_pD+cA')_iX_i^c+\dfrac{1}{V_i}(y_pE+cB')_iY_i^c+\dfrac{1}{V_i}(y_pF+cC')_iZ_i^c,\\
a_9^i=-\dfrac{D_i}{V_i},\ a_{10}^i=-\dfrac{E_i}{V_i},\ a_{11}^i=-\dfrac{F_i}{V_i}.
\end{cases}
$$

Ecuațiile (2.2) reprezintă ecuațiile de bază ale transformării liniare directe (DLT), în care cei 11 PTP sînt considerați independenți, ceea ce constituie una din aproximațiile metodei DLT. Deoarece ecuațiile (2.1) sînt definite de nouă parametri strict independenți (x_p, y_p, c, α, ω, $\varkappa$, X^c, Y^c, Z^c), pentru a obține o soluție exactă care să includă operația de stereotriangulație cu parametrii de orientare interioară parțial precalibrați, sînt necesare suplimentar, pentru fiecare stație, i, cinci ecuații de constrîngere a PTP. Aceste ecuații rezultă din condițiile de ortogonalitate ale matricei de rotație și din ecuațiile (2.3) și sînt exprimate de funcțiile [8]:

$$
(2.4)\quad \begin{cases}
F_1^i=Q_1^i-Q_2^i+\dfrac{1}{Q_3^i}(Q_5^2-Q_4^2)^i=0,\ F_2^i=Q_6^i-\dfrac{1}{Q_3^i}Q_4^iQ_5^i=0,\\
F_3^i=\dfrac{Q_4^i}{Q_3^i}-x_{p_i}=0,\ F_4^i=\dfrac{Q_5^i}{Q_3^i}-y_{p_i}=0,\ F_5^i=\dfrac{Q_1^i}{Q_3^i}-\left(\dfrac{Q_4^2}{Q_3^2}\right)^i-c_i^2=0,
\end{cases}
$$

în care x_{p_i}, y_{p_i}, c_i sînt elemente de orientare interioară precalibrate iar auxiliarii $Q_1^i, Q_2^i, \ldots, Q_6^i$ sînt definiți de expresiile:

$$
(2.5)\quad \begin{cases}
Q_1^i=(a_1^2+a_2^2+a_3^2)^i,\ Q_4^i=(a_1a_9+a_2a_{10}+a_3a_{11})^i,\\
Q_2^i=(a_5^2+a_6^2+a_7^2)^i,\ Q_5^i=(a_5a_9+a_6a_{10}+a_7a_{11})^i,\\
Q_3^i=(a_9^2+a_{10}^2+a_{11}^2)^i,\ Q_6^i=(a_1a_5+a_2a_6+a_3a_7)^i.
\end{cases}
$$

În cîteva lucrări anterioare, aplicînd metoda celor mai mici pătrate (MCMMP), s-a stabilit [3], [4] algoritmul de rezolvare simultană a ecuațiilor de observație fotogrametrice generate de n PRC și m stații, ($m\geq 2$), de tipul (2.2) și a ecuațiilor de constrîngere generate de m stații, de tipul (2.4). În acord cu notațiile și specificațiile din [3], [4], sistemul general al ecuațiilor de condiție și de constrîngere liniarizate se exprimă prin setul de ecuații:

$$(2.6)\qquad \underset{(2mn\times 1)}{\begin{bmatrix} v \\ \circ \\ v \end{bmatrix}} + \underset{(2mn\times 11m)\ (2mn\times 3n)}{\begin{bmatrix} B & D \\ \mathring{B} & 0 \end{bmatrix}} \underset{(11m\times 1)}{\begin{bmatrix} \Delta \\ \bar{\Delta} \end{bmatrix}} = \underset{(2mn\times 1)}{\begin{bmatrix} E \\ G \end{bmatrix}}.$$

În scopul constrîngerii modelului fotogrametric de stereotriangulație cu elemente măsurate direct în spațiul obiect, s-a dezvoltat un nou model matematic, încorporîndu-se în sistemul (2.6) ecuațiile generate de p distanțe măsurate direct între diferite puncte de control [2]. Această nouă formulare prezintă avantajul că se pot compensa simultan observațiile geodezice și observațiile fotogrametrice și ele pot fi ponderate separat, corespunzător gradului de precizie cu care au fost efectuate observațiile inițiale. Măsurătorile independente de distanțe constituie un mijloc foarte eficient de control în spațiul obiect și ele se pot executa cu un grad ridicat de precizie [15], [16].

Modelul matematic corespunzător distanțelor $d_l, (l=1, 2, ..., p)$, este exprimat de funcția:

$$(2.7)\qquad F_{d_l} = d_l - \sqrt{(X_D - X_S)_l^2 + (Y_D - Y_S)_l^2 + (Z_D - Z_S)_l^2} = 0.$$

Distanțele compensate, d_l, sînt exprimate în funcție de distanțele d_l^0, măsurate direct, paralactic, cu telemetre electrooptice sau radiotelemetre și reziduurile $\bar{v}_l$, prin relații de forma:

$$(2.8)\qquad d_l = d_l^0 + \bar{v}_l, \qquad (l=1, 2, ..., p).$$

Coordonatele spațiale (X_S, Y_S, Z_S), (X_D, Y_D, Z_D) ale punctelor ce definesc extremitățile stînga-dreapta ale distanței d_l pot fi exprimate în funcție de aproximațiile inițiale $(X_S^0, Y_S^0, Z_S^0)_l$, $(X_D^0, Y_D^0, Z_D^0)_l$ și corecțiile corespunzătoare δX, δY, δZ, prin setul de relații:

$$(2.9)\qquad \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}_l = \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix}_l^0 + \begin{bmatrix} \delta X_S \\ \delta Y_S \\ \delta Z_S \end{bmatrix}_l; \quad \begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \\ Z_D \end{bmatrix}_l = \begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \\ Z_D \end{bmatrix}_l^0 + \begin{bmatrix} \delta X_D \\ \delta Y_D \\ \delta Z_D \end{bmatrix}_l.$$

Aproximațiile inițiale ale coordonatelor extremităților distanței d_l, se pot obține prin multiplicarea coordonatelor modelului unitar $(x_S^0, y_S^0, z_S^0)_l$, $(x_D^0, y_D^0, z_D^0)_l$, furnizate de programul de calcul APROCONT [3], cu raportul mediu de scară $\rho_m = (\rho_1 + \rho_2 + ... + \rho_p)/p$, în care $\rho_l = d_l^0/d_{ml}^0$ și în care distanța la scara modelului unitar, d_{ml}^0, este exprimată de relația:

$$d_{ml}^0 = \sqrt{(x_D^0 - x_S^0)_l^2 + (y_D^0 - y_S^0)_l^2 + (z_D^0 - z_S^0)_l^2}.$$

Substituția ecuațiilor (2.8) și (2.9) în (2.7) și liniarizarea acestor expresii prin dezvoltări în serii Taylor, permite să se obțină ecuațiile de erori ce corespund unei distanțe l, sub forma:

$$\underset{(1\times1)}{\bar{v}_l}+\underset{(1\times6)}{\mathring{D}_l}\ \underset{(6\times1)}{\bar{\Delta}_{d_l}}=\underset{(1\times1)}{L_l}, \tag{2.10}$$

în care :

$$\begin{cases} \underset{(1\times6)}{\mathring{D}_l}=\left[\dfrac{\partial(F_d)^0}{\partial X_D^0}\ \dfrac{\partial(F_d)^0}{\partial Y_D^0}\ \dfrac{\partial(F_d)^0}{\partial Z_D^0}\ \dfrac{\partial(F_d)^0}{\partial X_S^0}\ \dfrac{\partial(F_d)^0}{\partial Y_S^0}\ \dfrac{\partial(F_d)^0}{\partial Z_S^0}\right]_l, \\ \underset{(6\times1)}{\bar{\Delta}_{d_l}}=[\delta X_D\ \delta Y_D\ \delta Z_D\ \delta X_S\ \delta Y_S\ \delta Z_S]_l^T,\quad L_l=-(F_{d_l})^0, \\ (F_{d_l})^0=d_l^0-\sqrt{(X_D^0-X_S^0)_l^2+(Y_D^0-Y_S^0)_l^2+(Z_D^0-Z_S^0)_l^2}=d_l^0-d_l^{00}. \end{cases} \tag{2.11}$$

Evaluarea Jacobianului $\mathring{D}_l$ s-a efectuat prin intermediul matricei

$$\underset{(1\times6)}{\mathring{D}_l}=\left[\frac{X_S^0-X_D^0}{d^{00}}\ \frac{Y_S^0-Y_D^0}{d^{00}}\ \frac{Z_S^0-Z_D^0}{d^{00}}\ \frac{X_D^0-X_S^0}{d^{00}}\ \frac{Y_D^0-Y_S^0}{d^{00}}\ \frac{Z_D^0-Z_S^0}{d^{00}}\right]_l. \tag{2.12}$$

Setul întreg al ecuațiilor de condiție liniarizate ce rezultă din toate distanțele p măsurate, are forma :

$$\underset{(p\times1)}{\bar{v}}+\underset{(p\times6p)}{\mathring{D}}\ \underset{(6p\times1)}{\bar{\Delta}_d}=\underset{(p\times1)}{L}, \tag{2.13}$$

în care :

$$\underset{(p\times1)}{\bar{v}}=\begin{bmatrix}\bar{v}_1\\ \bar{v}_2\\ \vdots\\ \bar{v}_p\end{bmatrix};\quad \underset{(p\times6p)}{\mathring{D}}=\begin{bmatrix}\mathring{D}_1 & 0 & \dots & 0\\ 0 & \mathring{D}_2 & \dots & 0\\ \dots & \dots & \dots & \dots\\ 0 & 0 & \dots & \mathring{D}_p\end{bmatrix};\quad \underset{(6p\times1)}{\bar{\Delta}_d}=\begin{bmatrix}\bar{\Delta}_{d_1}\\ \bar{\Delta}_{d_2}\\ \vdots\\ \bar{\Delta}_{d_p}\end{bmatrix};\quad \underset{(p\times1)}{L}=\begin{bmatrix}L_1\\ L_2\\ \vdots\\ L_p\end{bmatrix}. \tag{2.14}$$

Asociind sistemului (2.6) sistemul ecuațiilor liniarizate generate de p distanțe, rezultă setul de ecuații extins :

$$\begin{bmatrix}\underset{(2mn\times1)}{v}\\ \underset{(5m\times1)}{\mathring{v}}\\ \underset{(p\times1)}{\bar{v}}\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\underset{(2mn\times11m)}{B} & \underset{(2mn\times3n)}{D} & \underset{(2mn\times6p)}{0}\\ \underset{(5m\times11m)}{\mathring{B}} & \underset{(5m\times3n)}{0} & \underset{(5m\times6p)}{0}\\ \underset{(p\times11m)}{0} & \underset{(p\times3n)}{0} & \underset{(p\times6p)}{\mathring{D}}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\underset{(11m\times1)}{\Delta}\\ \underset{(3n\times1)}{\bar{\Delta}}\\ \underset{(6p\times1)}{\bar{\Delta}_d}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\underset{(2mn\times1)}{E}\\ \underset{(5m\times1)}{G}\\ \underset{(p\times1)}{L}\end{bmatrix}. \tag{2.15}$$

Avînd în vedere că punctele ce definesc extremitățile distanțelor măsurate, d_l, au fost stereotriangulate fotogrametric, printr-o ordonare corespunzătoare a acestor puncte vectorul parametric $\bar{\Delta}_d$ poate fi inclus în vectorul parametric $\bar{\Delta}$. În consecință rezolvarea sistemului ecuațiilor normale generate de sistemul (2.15) s-a efectuat prin ordonarea punctelor caracteristice distanțelor măsurate d_l astfel încît acestea să formeze inițial

un bloc compact $\bar{N}_d$ de dimensiuni $6p \times 6p$, corespunzător vectorului $\bar{\Delta}_d$. Pentru ca matricea $\bar{N}_d$ să opereze numai cu vectorul $\bar{\Delta}_d$, corespunzător primelor $2p$ puncte de stereotriangulație, matricea $\bar{N}_d$ și vectorul termenilor liberi, $\bar{C}_d$, au fost extinși cu elemente nule, avînd în final dimensiunile $3n \times 3n$ și respectiv $3n \times 1$. Prin aplicarea proprietății aditive a seturilor de ecuații normale ce operează cu același vector parametric Δ sau $\bar{\Delta}$ rezultă următorul sistem general de ecuații normale :

$$\text{(2.16)} \qquad \begin{bmatrix} N+\mathring{N} & \hat{N} \\ (11m \times 11m) & (11m \times 3n) \\ \hat{N}^T & \bar{N}+\bar{N}_d \\ (3n \times 11m) & (3n \times 3n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \\ (11m \times 1) \\ \bar{\Delta} \\ (3n \times 1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C+\mathring{C} \\ (11m \times 1) \\ \bar{C}+\bar{C}_d \\ (3n \times 1) \end{bmatrix}.$$

În acord cu această formulare, vectorul corectiv $\bar{\Delta}$, de dimensiuni $3n \times 1$, este definit prin două componente: $\bar{\Delta}_d$ de dimensiuni $6p \times 1$ și $\bar{\Delta}_f$ de dimensiuni $(3n-6p) \times 1$. Corecțiile coordonatelor punctelor incluse în vectorul $\bar{\Delta}_d$ cuprind contribuția observațiilor geodezice de distanțe la observațiile fotogrametrice ale acestor puncte, în timp ce corecțiile cuprinse în vectorul $\bar{\Delta}_f$ se referă numai la $n-2p$ puncte observate exclusiv fotogrametric. În cazul în care observațiile de distanțe sînt corelate total, matricea $\bar{N}_d$ este compactă, fiind necesară pe lîngă inversarea matricei $S+\mathring{N}$, de dimensiuni $11m \times 11m$ și inversarea unei matrice de dimensiuni $6p \times 6p$, împreună cu inversarea a $n-2p$ matrice de dimensiuni 3×3.

Dacă observațiile referitoare la punctele ce definesc extremitățile fiecărei distanțe sînt corelate și reciproc dependente numai două cîte două, atunci se pot introduce simplificări în inversarea matricei $\bar{N}+\bar{N}_d$, această operație reducîndu-se la inversarea a p matrici de dimensiuni 6×6, corespunzătoare primelor $2p$ puncte și la inversarea a $n-2p$ matrici de dimensiuni 3×3, corespunzătoare punctelor stereotriangulate fotogrametric.

Conform procedurii MCMMP [2], generarea matricei $\bar{N}_d$ și a vectorului $\bar{C}_d$, în cazul observațiilor corelate două cîte două, se efectuează prin intermediul expresiilor :

$$\text{(2.17)} \qquad \underset{(6p \times 6p)}{\bar{N}_d} = \underset{(6 \times 6)}{\text{Diag}}\,(\underset{(6 \times 6)}{\bar{N}_{d_1}}, \underset{(6 \times 6)}{\bar{N}_{d_2}}, \ldots, \underset{(6 \times 6)}{N_{d_p}}), \quad \underset{(6p \times 1)}{\bar{C}_d} = [\underset{(6 \times 1)}{\bar{C}_{d_1}}, \underset{(6 \times 1)}{\bar{C}_{d_2}}, \ldots, \underset{(6 \times 1)}{\bar{C}_{d_p}}]^T,$$

$$\underset{(1 \times 1)}{\bar{W}} = \underset{(1 \times 1)}{\text{Diag}}\,(\underset{(1 \times 1)}{\bar{W}_1}, \underset{(1 \times 1)}{\bar{W}_2}, \ldots, \underset{(1 \times 1)}{\bar{W}_p}),$$

în care :

$$\underset{(6 \times 6)}{\bar{N}_{d_l}} = \underset{(6 \times 1)}{\mathring{D}_l^T} \underset{(1 \times 1)}{\bar{W}_l} \underset{(1 \times 6)}{\mathring{D}_l}, \quad \underset{(6 \times 1)}{\bar{C}_{d_l}} = \underset{(6 \times 1)}{\mathring{D}_l^T} \underset{(1 \times 1)}{\bar{W}_l} \underset{(1 \times 1)}{L_l}, \quad \bar{W}_l = 1/\sigma_l^2,$$

cu σ_l^2 — varianța distanțelor măsurate, d_l^0.

Soluțiile sistemului (2.16) sînt exprimate conform cu [2], [3] prin vectorii :

$$\underset{(11m\times 1)}{\Delta} = \left[\underset{(11m\times 11m)}{(N+\mathring{N})} - \underset{(11m\times 3n)}{\hat{N}}\ \underset{(3n\times 3n)}{(\overline{N}+\overline{N}_d)^{-1}}\ \underset{(3n\times 11m)}{\hat{N}^T}\right]^{-1}\left[\underset{(11m\times 1)}{(C+\mathring{C})} - \underset{(11m\times 3n)}{\hat{N}}\ \underset{(3n\times 3n)}{(\overline{N}+\overline{N}_d)^{-1}}\ \underset{(3n\times 1)}{(\overline{C}+\overline{C}_d)}\right],$$

(2.18)

$$\underset{(3n\times 1)}{\overline{\Delta}} = \left[\underset{(3n\times 3n)}{\overline{N}+\overline{N}_d}\right]^{-1}\left[\underset{(3n\times 1)}{\overline{C}+\overline{C}_d}\right] - \left[\underset{(3n\times 3n)}{\overline{N}+\overline{N}_d}\right]^{-1}\underset{(3n\times 11m)}{\hat{N}^T}\ \underset{(11m\times 1)}{\Delta}\ .$$

Datorită structurii diagonale a matricelor $N+\mathring{N}$ și respectiv $\overline{N}+\overline{N}_d$, fiecare distanță l și fiecare punct j poate fi prelucrat independent, după ce în prealabil a fost evaluat vectorul Δ. În consecință, soluțiile sistemului (2.16) sînt reprezentate conform notațiilor din [3], [4], de vectorii:

$$(2.19)\quad \begin{cases} \underset{(11m\times 1)}{\Delta} = \left[\underset{(11m\times 11m)}{S_T} + \underset{(11m\times 11m)}{\mathring{N}}\right]^{-1}\left[\underset{(11m\times 1)}{\hat{C}_T} + \underset{(11m\times 1)}{\mathring{C}}\right], \\ \underset{(6\times 1)}{\overline{\Delta}_{d_l}} = \left[\underset{(6\times 6)}{\overline{N}+\overline{N}_d}\right]_l^{-1}\left[\underset{(6\times 1)}{\overline{C}+\overline{C}_d}\right]_l - \left[\underset{(6\times 6)}{\overline{N}+\overline{N}_d}\right]_l^{-1}\underset{(6\times 11m)}{\hat{N}_l^T}\ \underset{(11m\times 1)}{\Delta},\ (l=1,2,\ldots,p), \\ \underset{(3\times 1)}{\overline{\Delta}_j} = \underset{(3\times 3)}{\overline{N}_j^{-1}}\ \underset{(3\times 1)}{\overline{C}_j} - \underset{(3\times 1m)}{Q_j}\ \underset{(11m\times 1)}{\Delta},\ (j=2p+1, 2p+2, \ldots, n), \end{cases}$$

în care:

$$(2.20)\quad \underset{(11m\times 11)}{S_T} = \sum_{l=1}^{p}\underset{(11m\times 11m)}{S_{2l-1,2l}} + \sum_{j=2p+1}^{n}\underset{(11m+11m)}{S_j},\qquad \underset{(11m\times 1)}{\hat{C}_T} = \sum_{l=1}^{p}\underset{(11m\times 1)}{\hat{C}_{2l-1,2l}} + \sum_{j=2p+1}^{n}\underset{(11m\times 1)}{\hat{C}_j}.$$

Avînd în vedere că fiecare distanță d_l este definită de două puncte $2l-1$ și respectiv $2l$, pentru $l=1, 2, \ldots, p$, rezultă următoarea matrice sumă:

$$(2.21)\quad \underset{(11m\times 11m)}{S_{2l-1,2l}} = \left(\underset{(11m\times 11m)}{N_{2l-1}} + \underset{(11m\times 11m)}{N_{2l}}\right) - \underset{(11m\times 6)}{\hat{N}_{2l-1,l}}\left[\underset{(6\times 6)}{\overline{N}_{2l-1,2l}} + \underset{(6\times 6)}{\overline{N}_{d_l}}\right]^{-1}\underset{(6\times 11m)}{\hat{N}_{2l-1,2l}^T}$$

iar corespunzător fiecărui punct stereotriangulat, $(j=2p+1, 2p+2, \ldots, n)$, matricile:

$$(2.22)\quad \underset{(11m\times 11m)}{S_j} = \underset{(11m\times 11m)}{N_j} - \underset{(11m\times 11m)}{R_j},\qquad \underset{(11m\times 11m)}{R_j} = \underset{(11m\times 3)}{\hat{N}_j}\ \underset{(3\times 11m)}{Q_j},\quad \underset{(3\times 11m)}{Q_j} = \underset{(3\times 3)}{\overline{N}_j^{-1}}\ \underset{(3\times 11m)}{\hat{N}_j^T}.$$

Termenul liber este exprimat, pentru fiecare distanță, prin vectorul:

$$(2.23)\quad \underset{(11m\times 1)}{\hat{C}_{2l-1,2l}} = \left(\underset{(11m\times 1)}{\hat{C}_{2l-1}} + \underset{(11m\times 1)}{\hat{C}_{2l}}\right) - \underset{(11m\times 6)}{\hat{N}_{2l-1,2l}}\left[\underset{(6\times 6)}{\overline{N}_{2l-1,2l}} + \underset{(6\times 6)}{\overline{N}_{d_l}}\right]^{-1}\left[\underset{(6\times 1)}{\overline{C}_{2l-1,2}} + \underset{(6\times 1)}{\overline{C}_{d_l}}\right]$$

iar corespunzător fiecărui punct stereotriangulat prin vectorul:

$$(2.24)\quad \underset{(11m\times 1)}{\hat{C}_j} = \underset{(11m\times 1)}{\hat{C}_j} - \underset{(11m\times 3)}{Q_j^T}\ \underset{(3\times 1)}{\overline{C}_j}.$$

Matricea $\mathring{N}$ și vectorul $\mathring{C}$ corespund ecuațiilor de constrîngere ale PTP și sînt generați conform specificațiilor din [3].

În evaluarea vectorului $\bar{\Delta}_{d_l}$, ce corespunde corecțiilor coordonatelor pentru punctele extreme ale distanței d_l, s-au luat în considerare următoarele matrici și vectori:

$$(2.25)\quad \begin{cases} \left[\underset{(6\times6)}{\bar{N}} + \underset{(6\times6)}{\bar{N}_d}\right]_l = \underset{(6\times6)}{\bar{N}_{2l-1,2l}} + \underset{(6\times6)}{\bar{N}_{d_l}}, \quad \text{cu} \quad \underset{(6\times6)}{\bar{N}_{2l-1,2l}} = \text{Diag}\left(\underset{(3\times3)}{\bar{N}_{2l-1}}, \underset{(3\times3)}{\bar{N}_{2l}}\right); \\ \left[\underset{(6\times1)}{\bar{C}} + \underset{(6\times1)}{\bar{C}_d}\right]_l = \underset{(6\times1)}{\bar{C}_{2l-1,2l}} + \underset{(6\times1)}{\bar{C}_{d_l}}, \quad \text{cu} \quad \underset{(6\times1)}{\bar{C}_{2l-1,2l}} = \left[\underset{(3\times1)}{\bar{C}_{2l-1}} \ \underset{(3\times1)}{\bar{C}_{2l}}\right]^T. \end{cases}$$

La evaluarea vectorului $\bar{\Delta}_j$, pentru punctele stereotriangulate fotogrametric, se aplică procedura cunoscută și specificată în [3].

Modelul matematic de stereotriangulație, conjugat cu observații geodezice de distanțe, a fost testat cu datele obținute la înregistrările fotogrametrice ale lacului de acumulare Ciurbești, județul Iași.

Pentru a putea prelucra datele de observații fotogrametrice și geodezice, conform algoritmului dezvoltat în acest paragraf, a fost elaborat pentru calculatoarele electronice, programul COLMATAR.

3. Modelarea digitală a terenului (DTM)

În scopul evaluării volumelor de aluviuni reținute în lacurile de acumulare s-a efectuat o modelare digitală a terenului (DTM) care constă în:

a) realizarea unei rețele de pătrate și determinarea cotelor punctelor rețelei, inclusiv a pantelor pe direcțiile OX, OY ale laturilor carourilor;

b) stabilirea unei funcții analitice de predicție, polinomiale, care să aproximeze cît mai fidel suprafața cercetată;

c) interpolarea cotelor în diverse puncte de interes.

Etapele de elaborare a modelului DTM cuprind:

a) Construirea unei rețele de pătrate cu latura $d/3$, în care distanța medie, d, între două puncte vecine disperse, de coordonate spațiale (X_j, Y_j, Z_j), cunoscute din stereotriangulație (program COLMATAR), este definită de relația:

$$(3.1)\qquad d = \frac{1}{s}\sum_{i,j=1}^{s} d_{ij},$$

în care: d_{ij} — distanța între două puncte vecine, s — numărul distanțelor considerate.

b) Împărțirea suprafeței cercetate în zone de pantă aproximativ uniformă și alegerea a $n=4...8$ puncte de control de cote cunoscute din stereotriangulație (inclusiv coordonatele plane X_j, Y_j), situate în zonă.

c) Determinarea, pe baza coordonatelor spațiale a celor 4...8 puncte de control, a coeficienților caracteristici ecuației explicite a planului $Z = a+bX+cY$, ce aproximează cît mai fidel suprafața zonei. În acest scop coordonatele plane X_j, Y_j ale punctelor de control sînt reduse la centrul zonei respective, c, de coordonate (X_c, Y_c) pe baza relațiilor:

$$\bar{X}_j = X_j - X_c, \ \bar{Y}_j = Y_j - Y_c, \ \bar{r}_j^2 = \bar{X}_j^2 + \bar{Y}_j^2, \ (j=1, 2, ..., n; \ n=4 \ ... \ 8),$$

după care sînt folosite în continuare la formarea sistemului de ecuații:

$$(3.2)\qquad \begin{bmatrix} 1 & \bar{X}_1 & \bar{Y}_1 \\ 1 & \bar{X}_2 & \bar{Y}_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & \bar{X}_n & \bar{Y}_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ Z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ v_n \end{bmatrix},$$

sau sub formă generalizată :

$$(3.3)\qquad \underset{(n\times 3)(3\times 1)}{A}\ \underset{(n\times 1)}{U} - \underset{(n\times 1)}{Z} = \underset{(n\times 1)}{V}, \quad \text{în care} \quad \underset{(3\times 1)}{U} = [a\ b\ c]^T.$$

Folosind procedeul de rutină prin MCMMP, rezultă din (3.3) vectorul soluţie U sub forma :

$$(3.4)\qquad \underset{(3\times 1)}{U} = \underset{(3\times 3)}{N^{-1}}\ \underset{(3\times 1)}{C},$$

în care :

$$\underset{(3\times 3)}{N} = \underset{(3\times n)}{A^T}\ \underset{(n\times n)}{W}\ \underset{(n\times 3)}{A}, \quad \underset{(3\times 1)}{C} = \underset{(3\times n)}{A}\ \underset{(n\times n)}{W}\ \underset{(n\times 1)}{Z}, \quad W = \text{Diag.}\ (\underset{(1\times 1)}{W_1}, \underset{(1\times 1)}{W_2}, \ldots, \underset{(1\times 1)}{W_n}), \quad W_j = 1/\bar{r}_j^2.$$

Folosind proprietatea aditivă a ecuaţiilor normale ce operează cu acelaşi vector parametric U, rezultă pentru matricea N şi vectorul C expresiile:

$$(3.5)\qquad \underset{(3\times 3)}{N} = \sum_{j=1}^{n} \underset{(3\times 3)}{N_j}, \quad \underset{(3\times 3)}{C} = \sum_{j=1}^{n} \underset{(3\times 1)}{C_j}, \quad \underset{(3\times 3)}{N_j} = \underset{(3\times 1)}{A_j^T}\ \underset{(1\times 1)}{W_j}\ \underset{(1\times 3)}{A_j}, \quad \underset{(3\times 1)}{C_j} = \underset{(3\times 1)}{A_j^T}\ \underset{(1\times 1)}{W_j}\ \underset{(1\times 1)}{Z_j}.$$

d) Determinarea erorii medii pătratice de predicţie σ :

$$(3.6)\qquad \sigma = \pm\sqrt{\frac{V^T W V}{f}}, \quad f = n-3 - \text{număr grade libertate}$$

şi unde :

$$(3.7)\qquad \underset{(1\times n)}{V^T}\ \underset{(n\times n)}{W}\ \underset{(n\times 1)}{V} = \sum_{j=1}^{n} \underset{(1\times 1)}{v_j^2}\ \underset{(1\times 1)}{w_j}, \quad \underset{(1\times 1)}{v_j} = \underset{(1\times 3)}{A_j}\ \underset{(3\times 1)}{U} - \underset{(1\times 1)}{Z_j}.$$

e) Determinarea cotelor punctelor reţelei de pătrate din zonă, prin folosirea ecuaţiei planului definit în etapele precedente. Pentru un punct i, k al reţelei, cota $Z_{i,k}$ va fi dată de relaţia :

$$(3.8)\qquad Z_{i,k} = a + b\,\bar{X}_{i,k} + c\,\bar{Y}_{i,k},$$

în care coeficienţii b şi c reprezintă pantele pe direcţiile OX, OY.

f) În acord cu [13], suprafaţa corespunzătoare fiecărui carou al reţelei se consideră că este fidel reprezentată de o funcţie polinomială de forma :

$$(3.9)\qquad F_Z = Z = \sum_{p=0}^{3} \sum_{q=0}^{p} a_{pq} X^{p-q} Y^q + a_{4,1} X^3 Y + a_{4,3} X Y^3.$$

Funcția polinomială (3.9), cu 12 termeni, are proprietatea potențială de a satisface două condiții esențiale:

a) asigură continuitatea înălțimilor între carourile vecine și respectiv continuitatea pantei de-a lungul unei laturi adiacente la două carouri vecine;

b) asigură continuitatea pantelor pe direcții perpendiculare, trasate la cele două capete ale laturii adiacente carourilor vecine.

Aceste considerații permit ca pentru fiecare carou definit de colțul stînga-jos (i, k) să se formeze un sistem de 12 ecuații de observații în care sînt incluse și constrîngerile menționate. În aceste condiții pentru fiecare din cele patru colțuri ale caroului se pot scrie trei ecuații:

$$(3.10)\quad \sum_{p=0}^{3}\sum_{q=0}^{p} a_{pq}X^{p-q}Y^{q}+a_{4,1}X^{3}Y+a_{4,3}XY^{3}=Z_{ik},\quad \frac{\partial Fz}{\partial X}=b,\quad \frac{\partial Fz}{\partial Y}=c$$

sau sub formă matricială:

$$(3.11)\quad \underset{(3\times12)}{A_{ik}}\ \underset{(12\times1)}{U}=\underset{(3\times1)}{T_{ik}},$$

în care indicii vor varia pentru cele patru puncte astfel: (i, k), $(i,(k+1))$, $((i+1), k)$, $((i+1), (i+k))$. Matricea A și vectorii U, T sînt definiți în acord cu (3.10) de expresiile:

$$(3.12)\quad \underset{(3\times12)}{A_{ik}}=\begin{bmatrix} 1 & X & Y & X^2 & Y^2 & XY & X^3 & Y^3 & X^2Y & XY^2 & XY^3 & X^3Y \\ 0 & 1 & 0 & 2X & 0 & Y & 3X^2 & 0 & 2XY & Y^2 & Y^3 & 3X^2Y \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 2Y & X & 0 & 3Y^2 & X^2 & 2XY & 3XY^2 & X^3 \end{bmatrix},$$

$$\underset{(12\times1)}{U}=[a_{0,0}\ a_{1,0}\ a_{1,1}\ a_{2,0}\ a_{2,1}\ a_{2,2}\ a_{3,0}\ a_{3,1}\ a_{3,2}\ a_{3,3}\ a_{4,1}\ a_{4,3}]^{T},\quad \underset{(3\times1)}{T_{ik}}=([Z\ b\ c]^{T}_{ik}.$$

Sistemul corespunzător celor patru colțuri ale unui carou este reprezentat de ecuația matricială:

$$(3.13)\quad \underset{(12\times12)}{A}\ \underset{(12\times1)}{U}=\underset{(12\times1)}{T},$$

în care:

$$\underset{(12\times12)}{A}=\left[\underset{(3\times12)}{A_{ik}}\ \underset{(3\times12)}{A_{i,k+1}}\ \underset{(3\times12)}{A_{i+1,k}}\ \underset{(3\times12)}{A_{i+1\,k+1}}\right],\quad \underset{(12\times1)}{T}=\left[\underset{(3\times1)}{T_{ik}}\ \underset{(3\times1)}{T_{i,k+1}}\ \underset{(3\times1)}{T_{i+1,k}}\ \underset{(3\times1)}{T_{i+1,k+1}}\right].$$

Soluțiile sistemului (3.13) se obțin prin inversarea matricei A și multiplicarea acesteia cu vectorul T, respectiv:

$$(3.14)\quad \underset{(12\times1)}{U}=\underset{(12\times12)}{A^{-1}}\ \underset{(12\times1)}{T}$$

și deoarece matricea A este identică pentru toate carourile (coordonatele X, Y ale colțurilor caroului, reduse la colțul i, k, sînt constante), generarea și inversarea ei se efectuează o singură dată, păstrîndu-se în memoria calculatorului. Predicția cotelor în diverse puncte ale suprafeței unui carou se realizează foarte simplu prin introducerea coordonatelor reduse la caroul respectiv (X, Y), în funcția polinomială (3.9) ai cărei coeficienți a_{pq}, $a_{4,1}$, $a_{4,3}$ au fost determinați pentru caroul respectiv, prin vectorul U.

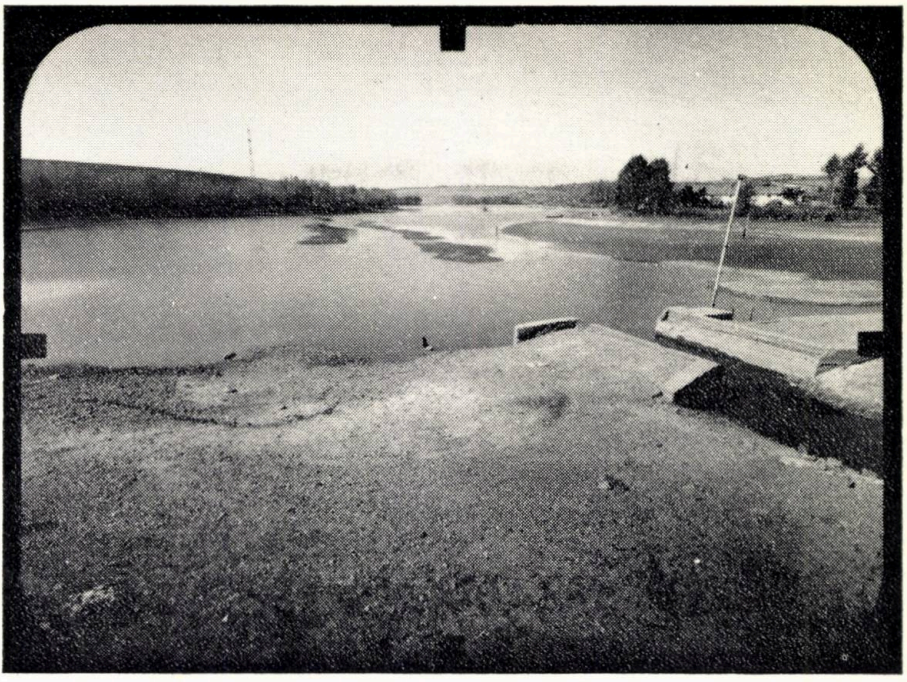


Fig. 1. — Analiza fotogrametrică a colmatării lacurilor de acumulare ; unghiul azimutal : +20° ; unghiul de elevație : —15°.

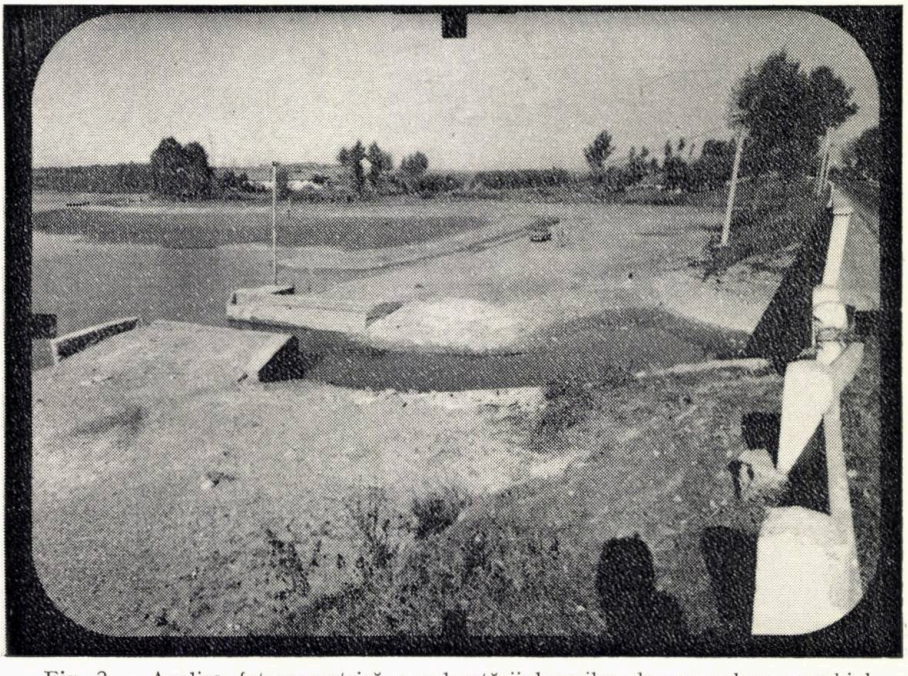


Fig. 2. — Analiza fotogrametrică a colmatării lacurilor de acumulare ; unghiul azimutal : +55° ; unghiul de elevație : —15°.

Fig. 3. — Analiza fotogrametrică a colmatării lacurilor de acumulare ; unghiul azimutal : — 55° ; unghiul de elevație : — 15°.

Fig. 4. — Analiza fotogrametrică a colmatării lacurilor de acumulare ; unghiul azimutal : — 10° ; unghiul de elevație : — 15°.

g) Eroarea medie pătratică de predicție, Z_p, rezultă din compararea cotelor $\bar{Z}_i$ calculate cu (3.9) în punctele de control ($i = 1, 2, ..., m$), cu cotele Z_i ale acelorași puncte cunoscute din stereotriangulația fotogrametrică și este estimată prin relația:

$$\sigma_p = \pm \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} v_i^2}, \quad v_i = \bar{Z}_i - Z_i. \tag{3.15}$$

În principiu, prin alegerea adecvată a lungimii laturilor carourilor se poate stabili ca σ_p să fie în concordanță cu eroarea medie pătratică σ_Z a punctelor stereotriangulate.

4. Rezultate experimentale

În scopul aplicării în condiții operaționale a metodelor fotogrametrice analitice dezvoltate în § 2, s-au efectuat înregistrări și determinări fotogrametrice inițiale asupra lacului de acumulare Ciurbești ce a fost golit în toamna anului 1979. Suprafața colmatată a fundului lacului a fost reperată prin discuri albe, jaloane, mire topografice (fig. 1...4) și în acord cu considerațiile teoretice menționate în [2], preluarea fotogramelor s-a efectuat din trei stații de fotografiere, cu axe convergente și foarte convergente, folosind camera metrică UMK—NP/1318, ZEISS—JENA [6].

Fotogramele negative, ce au fost observate la un comparator spectrofotometric liniar IZA—2, au furnizat prin intermediul programului de calcul FOTOGRAM [3] coordonatele imagine compensate x_{ij}, y_{ij} cu o eroare medie standard de 4,8 μ. Distanțele dintre diferite puncte de control s-au măsurat paralactic, folosind un teodolit Zeiss Theo 010 cu mira orizontală Balla Zeiss și au fost verificate prin măsurători directe cu panglica de oțel.

Prelucrarea datelor la calculatorul IRIS—50 al Institutului politehnic, Iași, s-a efectuat prin intermediul programului COLMATAR care în principiu conține aceleași subprograme ca și programul PROIECT [3], [4], dar la care s-a adăugat subprogramul DISTANT, corespunzător prelucrării observațiilor geodezice de distanțe. Convergența procesului iterativ s-a realizat în patru iterații, obținîndu-se pentru eroarea medie pătratică a unității de pondere valoarea $\pm 7{,}9\mu$.

Modelarea digitală a terenului s-a efectuat conform algoritmului dezvoltat în § 3 prin intermediul programului INTERPOL. Rezultatele obținute cu diverse seturi de date demonstrează că familia funcțiilor polinomiale (3.9) aproximează într-o manieră continuă, realistă și precisă întreaga suprafață cercetată, oferind un mijloc foarte eficient de predicție și modelare a suprafețelor topografice.

Lista de coordonate spațiale a punctelor de control, împreună cu cotele rețelei de pătrate furnizate prin programele de calcul amintite, reprezintă situația topografică actuală (noiembrie 1979). În scopul evaluării volumelor de aluviuni reținute, aceeași suprafață va fi înregistrată fotogrametric în fiecare toamnă, urmînd a se prezenta într-un articol viitor concluziile ce rezultă din analiza comparativă a fluxului informațional prelucrat.

Primită la 4 iunie 1980

Institutul politehnic, Iași,
Laboratorul de fotogrametrie

BIBLIOGRAFIE

1. Barbălată I., *Determinări stereofotogrametrice privind dinamica eroziunii solurilor (I)*. Bul. Inst. polit., Iași, **18** (**22**), *1—4*, s. VI, 103—109 (1972).
2. Barbălată I., *Contribuții la determinarea deformațiilor în construcții prin metode fotogrametrice analitice*. Teză de doctorat, Inst. constr., Buc., 1978.
3. Barbălată I., *O metodă analitică de stereotriangulație în domeniul distanțelor finite (I)*. Bul. Inst. polit., Iași, **25** (**29**), *3—4*, s. V, 75—85 (1979).
4. Barbălată I., *O metodă analitică de stereotriangulație în domeniul distanțelor finite (II)*. Bul. Inst. polit., Iași, **26** (**30**), *1—2*, s. V (1980) (sub tipar).
5. Barbălată I., *Surface Conformity Measurements of Large Cooling Towers*. 14th Intern. Congress of the International Society for Photogrammetry, Commission V: Non-Topographic Photogrammetry, Hamburg, July 13—25, 1980.
6. Barbălată I., *Analiza colmatării lacurilor de acumulare prin metode fotogrametrice terestre*. CNA, Direcția Apelor Prut—Iași, Raport Nr. *10*, 1979.
7. Barbălată I., *Metode avansate de calibrare operațională a camerelor fotogrametrice terestre*. CNA—ICPGA, Buc., Raport Nr. *11*, 1980.
8. Bopp H., Krauss H., *An Orientation and Calibration Method for Non-Topographic Application*. P.E. & R.S., **44**, *9*, 1191—1197 (1978).
9. Brown D. C., *A Solution to the General Problem of Multiple Station, Analytical Stereotriangulation*. Air Force Missile Test Center, Rep. *58* (1958).
10. Brown D. C., *Precise Calibration of Surfaces of Large Radio Reflectors by Means of Analytical Photogrammetric Triangulation*. Report No. *10*, 1962.
11. Mikhail E. M., *Observations and Least Squares*. IEP—A DUN—Donnelley Publisher, N.Y., 1976.
12. Light D. L., *Ranger Mapping by Analytics*. P.E., **32**, *9*, 792—800 (1966).
13. Jancaitis J. R., Junkins J. L., *Modeling Irregular Surface*. P.E., **39**, *4*, 413—420 (1973).
14. Hardy R. L., *Least Squares Prediction*. P.E. & R.S., **43**, *4*, 475—492 (1977).
15. Kenefick J. F., *Ultra-Precise Analytics*. P.E., **37**, *11*, 1167—1187 (1971).
16. Wong K. W., Elphingstone G., *Aerotriangulation by SAPGO*. P.E., **38**, *8*, 779—790 (1972).

STEREOPHOTOGRAMMETRIC MEASUREMENTS OF SILTING SURFACES (I)

(Summary)

A mathematical model has been established for sterophotogrammetric measurement of silting surfaces. The model is based on projective methods (DLT) and adjusts simultaneously ground-distances and photogrammetrically obtained plate coordinates by means of least squares. This approach does not require object space control; the only control available are the relative one points and distances in object space.

This formulation of the photogrammetric problem provides complete flexibility in the weighting of the measurements and on the type of controls to be used in the scaling and orientation of the model.

The end product of the photogrammetric mapping process is a list of coordinates which define the spatial position of a finite but large number of discrete points. The set of coordinates represents a digital model of the surface. For modelling functions of two independent variables with irregular distribution of controls, an interpolation procedure is employed.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secția VI
ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

C.Z. 631.4

PROCESUL DE ARGILIZARE A CERNOZIOMURILOR DIN CÎMPIA MOLDOVEI DE NORD*)

DE
LEONIDA GUȘTIUC

1. Introducere

După conferința cu privire la solurile din sud-vestul Europei, ținută în anul 1964 la Sofia, în R.P. Bulgaria, au apărut o serie de lucrări în care se menționează că în faciesul provinciei Mării Negre (I. Krupenkcov [4], [5], V. Valikov și V. Krișcenko [8]), deci și în provincia danubiano-pontică, cernoziomurile se caracterizează printr-un conținut ceva mai ridicat de argilă în orizonturile *Am* și *AC*. Acest fapt s-ar datora fie proceselor de alterare din interiorul solului, fie procesului de argilizare, concluzii ce au fost stabilite de o serie de cercetători dintre care cei mai importanți sînt cei sus menționați.

Prin procesul de argilizare se înțelege îmbogățirea în argilă, formată *in situ*, a unuia sau a mai multor orizonturi din profilul solului.

Întrucît cernoziomurile din Cîmpia Moldovei fac parte din provincia moldo-sarmatică și se dezvoltă în condițiile unei clime temperate relativ mai reci și mai umede, s-a căutat, pe baza cercetărilor menționate, să se examineze în ce măsură cernoziomurile din această provincie sînt afectate de procese de argilizare calculîndu-se indicii de diferențiere texturală și coeficientul de argilizare.

2. Distribuția oxizilor ce caracterizează argilizarea

Este cunoscut faptul că din mineralele complexului de alterare fac parte oxizii și hidroxizii a căror repartiție în profilul solului, la cernoziomuri, este aproape uniformă. Din examinarea datelor analitice privind conținutul global în oxizi de siliciu, aluminiu, fier și fier mobil, luat ca exemplu la cernoziomul obișnuit (Holboca—Iași) se poate constata, din tabelul 1, o mică variație a acestor oxizi pe profil în sensul unei descreșteri spre adîncime, în special a oxizilor de fier mobil. În general oxizii de aluminiu și fier să găsesc în cantitate ceva mai mare în orizonturile *Am* și *AC*. Comportarea și conținutul sescvioxizilor mobili de fier și aluminiu în aceste orizonturi ale cernoziomurilor confirmă indirect existența permanentă a unui proces intern de alterare, iar ca o consecință a acestuia trebuie să aibă loc și argilizarea.

*) Prezentată în sesiunea științifică jubiliară a Facultății de hidrotehnică, Iași, 28—29 octombrie 1978.

Tabelul 1

Conținutul global în oxizi de siliciu, aluminiu, fier și fier mobil în cernoziomul obișnuit, vest de satul Holboca, (exprimat la 100 g material fără carbonați, humus și apă cedată la peste 100°C*)

Adîncimea cm	Orizontul	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3, [%]		R_2O_3 liberi %
				total	mobil	
0... 20	*Amp*	76,65	11,74	4,68	1,38	2,04
20... 40	*Am*	—	—	—	1,16	1,63
45... 60	*AC*	76,73	11,72	4,99	1,28	1,83
65... 80	C_1	74,95	11,12	5,62	1,15	1,62
85...105	C_2	76,89	11,10	5,16	1,15	1,55
127...140	*D*	76,14	11,18	5,09	1,23	1,51

*) Analist: Adrian Conescu [11].

Pentru confirmarea diferențierii texturii pe profil la cernoziomuri și prezenței procesului de argilizare au fost folosite unele relații analitice de calcul. Astfel, pentru indicii de diferențiere texturală calculele s-au efectuat după formulele propuse de I. Siutta și I. Ostrovski [7]. Dacă la solurile podzolice și în general la solurile de pădure a fost luat în considerație orizontul cu cantitatea cea mai mică de argilă, *Ea* sau *El*, pentru cernoziomuri s-a considerat cantitatea de argilă din orizontul *C*, iar în cazul de față a fost urmărit orizontul C_2 și chiar orizontul *D*, pentru care valorile privind textura erau apropiate.

3. Coeficientul de argilizare

În tabelul 2 sînt calculați indicii de diferențiere texturală, *x*, *y*, *z* și coeficientul de argilizare, după I. Krupenikov [5] și anume: *IDTx* — raportul între conținutul de argilă din orizonturile solului și argila din orizontul C_2; *IDTy* — raportul între argila fizică și argila din același orizont (0,01/0,001); *IDTz* — inversul lui *y*, (1/*y*);

Coeficientul de argilizare reprezintă raportul între valoarea lui *z* din orizontul respectiv și cea din orizontul C_2.

Datele referitoare la compoziția granulometrică a acestor cernoziomuri au fost preluate din ghidurile excursiilor I și III de la al VIII-lea Congres internațional de Știința solului [10] și cele de la a VII-a conferință națională de Știința Solului [11] precum și din cele ale laboratorului de pedologie ameliorativă a facultății de hidrotehnică din Iași și a Oficiului pentru studii pedologice și agrochimice, Iași.

Cernoziomurile carbonatice și obișnuite s-au format pe depozite loessoide, iar cele zlotoase pe depozite argiloase.

Din datele tabelului 2 se desprind următoarele constatări cu privire la valorile indicilor de diferențiere texturală și coeficientului de argilizare:

a) Valorile indicelui *IDTx* scad în general de la orizontul *AC* în jos și prezintă variații foarte mici între orizonturile *A* și *AC*. Se înregistrează valori maxime de 1,29, iar minime de 0,96.

b) Valorile indicelui *IDTy* sînt mai mari în general pentru orizonturile C_1, C_2 și *D* față de cele ale orizonturilor *Am* și *AC*, exceptînd cernoziomul zlotos (Codreni). Valorile maxime ajung la 1,60 iar cele minime la 1,25.

Tabelul 2

Indicii de diferențiere texturală și coeficientul de argilizare la cernoziomurile carbonatice, obișnuite și zlotoase din Cîmpia Moldovei de Nord

Orizontul	Adîncimea cm	0,01 mm	0,001 mm	$IDTx$	$IDTy$	$IDTz$	Coeficientul de argilizare
Cernoziom carbonatic, Ripiceni (Popoaia), județul Botoșani							
Amp	0... 23	48,61	34,69	1,13	1,40	0,71	1,04
Am	23... 37	48,73	34,61	1,13	1,41	0,71	1,04
AC	37... 59	48,37	34,90	1,14	1,39	0,72	1,06
C_1	59... 90	46,55	33,08	1,08	1,41	0,71	1,04
C_2	90...114	45,97	31,73	1,03	1,45	0,69	1,01
D	114...155	45,14	30,74	1,00	1,47	0,68	1,00
Cernoziom carbonatic, Stînca, județul Botoșani							
Amp	0... 20	45,10	33,35	1,12	1,35	0,74	1,04
Am	20... 31	44,95	33,10	1,11	1,36	0,74	1,04
AC	31... 50	45,35	33,80	1,14	1,34	0,75	1,06
C_1	50... 70	44,04	32,41	1,09	1,36	0,74	1,04
C_2	70... 85	42,30	30,65	1,03	1,38	0,72	1,01
D	85...106	42,09	29,72	1,00	1,42	0,71	1,00
Cernoziom carbonatic, Deleni, județul Iași							
Amp	0... 15	48,35	37,75	0,96	1,28	0,78	1,05
Am	18... 30	50,70	40,11	1,02	1,26	0,79	1,07
AC	35... 55	55,92	43,04	1,10	1,30	0,77	1,04
C_1	64... 84	60,21	44,12	1,12	1,36	0,73	0,99
C_2	90...110	53,07	39,27	1,00	1,35	0,74	1,00
Cernoziom carbonatic, Andrieșeni, județul Iași							
Amp	0... 26	52,95	42,35	1,17	1,25	0,78	1,07
Am	28... 43	50,50	39,85	1,10	1,27	0,79	1,08
AC	45... 67	49,25	39,80	1,10	1,24	0,81	1,11
C_1	69... 84	47,40	36,90	1,02	1,28	0,78	1,07
C_2	86...110	49,75	36,20	1,00	1,37	0,73	1,00
Cernoziom obișnuit, Mîndrești, județul Botoșani							
Amp	0... 20	52,60	35,60	1,17	1,48	0,68	1,10
Am	20... 40	53,30	34,50	1,14	1,54	0,65	1,05
AC	45... 54	53,60	33,50	1,11	1,60	0,63	1,02
C_1	55... 75	51,80	32,90	1,09	1,57	0,64	1,03
C_2	78... 98	49,20	30,30	1,00	1,62	0,62	1,00
Cernoziom obișnuit, Holboca, județul Iași							
Amp	0... 20	45,70	29,90	1,29	1,52	0,65	1,03
Am	20... 40	42,60	27,50	1,19	1,55	0,65	1,03
AC	40... 65	41,50	26,90	1,16	1,54	0,65	1,03
C_1	65... 85	39,40	24,80	1,07	1,59	0,63	1,00
C_2	85...100	35,90	22,50	0,98	1,60	0,63	1,00
D	105...125	37,10	23,20	1,00	1,60	0,63	1,00
Cernoziom zlotos, Codreni, județul Botoșani							
Amp	0... 5	75,80	53,70	1,01	1,41	0,71	1,00
Amp'	5... 20	75,60	54,30	1,02	1,39	0,72	1,01
Am	20... 32	77,10	55,90	1,05	1,38	0,73	1,03
Am'	38... 48	78,70	57,50	1,08	1,37	0,73	1,03
AC	52... 62	79,40	58,30	1,10	1,36	0,73	1,03
AC'	70... 80	78,60	57,70	1,08	1,36	0,73	1,03
C_1	95...105	70,90	50,50	0,95	1,40	0,71	1,00
C_2	115...125	74,70	53,20	1,00	1,40	0,71	1,00

Tabelul 3

Coeficientul de argilizare la solul bălan, cernoziomurile carbonatic, castaniu și ciocolatiu din Dobrogea și Bărăgan

Orizontul	Sol bălan		Cernoziom carbonatic		Cernoziom castaniu		Cernoziom castaniu		Cernoziom castaniu		Cernoziom ciocolatiu	
	Rosova		Iurinezu Mic		Cerchezu		Jegălia		Mărculești		Urleasca	
	cm	Coef. argilizare	cm	Coef. argilizare	cm	Coef. argilizare	cm	Coef. argilizare	cm	Coef. argilizare	cm	Coef. argilizare
Amp	0... 15	1,09	0... 20	1,12	0... 15	1,07	0... 10 20... 30	1,07 1,07	0... 10	1,09	0... 15	1,07
Am	20... 37	1,14	20... 40	1,12	16... 23 25... 40	1,08 1,07	30... 40	1,09	25... 35	1,09	28... 43 50... 65	1,07 1,07
A'C	40... 60	1,12	—	—	40... 55	1,05	50... 60	1,05	50... 60	1,09	70... 82	1,05
A''C	65... 25	1,11	—	—	—	—	70... 80	1,05	—	—	85...100	1,05
C_1	100...120	1,02	70... 95	1,05	90...110	0,98	90...100	1,02	75... 85	1,02	115...130	1,02
C_2	130...150	1,00	—	1,00	—	—	130...140	0,98	110...120	1,00	160...175	0,98
D	—	—	160...180	—	140...160	1,00	180...190	1,00	140...150	1,00	190...205	1,00

c) Valorile lui *IDTz* sînt subunitare, fiind mai mari în orizonturile *Am* şi *AC* şi în general scad spre profunzime. Valorile maxime ajung pînă la 0,81, iar cele minime pînă la 0,62, în orizonturile *C*.

d) Coeficientul de argilizare are valori mai mari în orizontul *Am* şi în deosebi în orizontul *AC* unde ajunge pînă la 1,11. Se constată că în unele cazuri valoarea este mai mică în orizontul *Amp*, faţă de cele din orizontul *Am*, probabil datorită pulverizării mecanice a solului în urma lucrărilor culturale. Cele mai mici valori ale coeficientului de argilizare apar la cernoziomul zlotos, datorită texturii mai fine a materialului parental.

În continuare s-a încercat să se facă o comparaţie a valorilor coeficientului de argilizare între cele două provincii : moldo-sarmatică şi danubiano-pontică. În acest scop a fost calculat numai coeficientul de argilizare la cernoziomuri după datele aceloraşi ghiduri ale excursiilor de la congresul internaţional de ştiinţa solului, precum şi din unele lucrări de specialitate [1], [2]. Aceste date se prezintă în tabelul 3, iar în urma analizei valorilor din tabelele 2 şi 3 rezultă următoarele constatări :

a) Coeficientul de argilizare la cernoziomurile din provincia danubiano-pontică păstrează aceeaşi legitate ca şi în Cîmpia Moldovei de nord.

b) Valorile coeficientului de argilizare sînt ceva mai mari la cernoziomurile din provincia danubiano-pontică, ceea ce sugerează ideea că procesul de argilizare este ceva mai intens.

c) Valoarea ceva mai mare a coeficientului de argilizare a cernoziomurilor din Cîmpia Română se datoreşte şi texturii mai grosiere a loessului faţă de aceea a depozitelor loessoide din Cîmpia Moldovei.

4. Concluzii

1. Procesul de argilizare nu este specific numai pentru cernoziomurile din provincia danubiano-pontică, aşa cum se menţionează în unele lucrări, ci se extinde şi în provincia moldo-sarmatică, ca rezultat, probabil mai ales al influenţei lanţului munţilor Carpaţi, care atenuează, într-o anumită măsură, asprimea climatului temperat continental [3].

2. Coeficientul de argilizare măsoară intensitatea procesului de alterare în sol faţă de roca generatoare de sol.

3. Acest mod de repartizare a argilei şi a coloizilor în profilul cernoziomurilor creează un regim aerohidric favorabil şi nu poate provoca o gleizare periodică.

Primită la 9 octombrie 1979

Institutul politehnic, Iaşi,
Catedra de combaterea eroziunii solului, pedologie şi topografie

BIBLIOGRAFIE

1. Флоря Н., Коня А., Мунтяну И., *Почвы Южной Добруджи. Почвы Юго-Восточной Европы*. София, 1954.
2. Florea N., Munteanu I., Rapaport C., Chiţu C., Opriş M., *Geografia solurilor României*. Ed. şt., Buc., 1968.
3. Guştiuc L., *Clasificarea cernoziomurilor din Moldova*. Bul. Inst. polit., Iaşi, **XII (XVI)**, 3—4 (1966).
4. Крупеников И. А., *Черноземы Молдавий*. Картя молдовеняскэ, Кишинев, 1967.

5. Крупеников И. А., *Процессы оглинивания черноземов придунайского региона*. Почвоведение, *11* (1976).
6. Obrejanu Gr., Chiriac A. şi colab., *Caracterizarea agroproductivă a solurilor din Dobrogea*. Inst. central de cerc. agr., An. secţ. de pedologie, 31 (1963).
7. Сютта Я., Островский Я., *Дифференциация механического состава профилей различных почв*. Почвоведение *5*, (1966).
8. Вальков В. Ф., Кришченко В. С., *Оглинивание в черноземах и каштановых почвах Северного Кавказа*. Почвоведение, 7 (1973).
9. * * * *Черноземы СССР*. Т. I, Изд. Колос, Мосва 1974.
10. * * * *Exkursiensführer*. Bd. I, VIII. Internationaler Bodenkundlicher Kongreß, Bukarest, 1964.
11. * * * *Ghidul excursiei celei de a VII conferinţe naţionale de Ştiinţa Solului*. Iaşi, 1970.

ПРОЦЕССЫ ОГЛИНИВАНИЯ В ЧЕРНОЗЕМАХ СЕВЕРНОЙ СТЕПИ МОЛДОВЫ

(Резюме)

Указывается что в литературе по специальности после Софийскои почвенной конференций (1964) была опубликована серия работ в которых отмечается присутвие процесса оглинивания в черноземах находящиеся в фациесе провинций Черного Моря. В таком случае этот процесс охватывает и провинцию данубиано-понтевскую.

Представляются данные относительно показателей текстурной дифференциации и коеффициента огливания в черноземах северной степи Молдовы и указывается, что и в этой почвенной провинций, молдо-сарматской, имеет место тот-же процесс оглинивания как и в данубиано-понтевской провинции, который развивается по тем-же закономерностям, но протекает менее интенсивнее.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secția VI
ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

C.Z. 627.1

O NOUĂ METODĂ DE CALCUL A VOLUMULUI DE ALUVIUNI REȚINUT ÎN LACURILE DE ACUMULARE DIN BAZINUL HIDROGRAFIC BAHLUI

DE

V. BĂLOIU și I. GIURMA

1. Calculul volumului de aluviuni reținut într-un lac de acumulare are drept scop stabilirea unei prognoze a colmatării lacului respectiv.

Metoda propusă se bazează pe urmărirea colmatării unor lacuri existente și extinderea rezultatelor obținute la studiul colmatării altor lacuri aflate în situații similare.

Lucrările asupra cărora s-au efectuat cercetări sînt lacurile de acumulare: Ciurbești, Ezăreni, Cucuteni și Podu-Iloaiei, care fac parte din complexul de lucrări hidrotehnice „Regularizarea rîului Bahlui la Iași" pentru apărarea împotriva inundațiilor a orașului Iași și a grupului industrial din lunca Bahluiului. Rezultatele obținute sînt valabile pentru celelalte lacuri existente în bazinul hidrografic Bahlui precum și pentru toate lacurile ce urmează să se construiască în acest bazin.

Pentru stabilirea volumului mediu anual colmatat în lacurile cercetate s-au prelucrat măsurătorile topografice efectuate de I.S.P.I.F., Iași, cu ajutorul a: 14 traverse pentru lacul Cucuteni, 24 traverse pentru lacul Ciurbești, 15 traverse pentru lacul Ezăreni și 10 traverse pentru lacul Podu-Iloaiei.

Au rezultat următoarele valori: 51 120 m^3/an pentru lacul Cucuteni; 36 400 m^3/an pentru lacul Ciurbești; 44 100 m^3/an pentru lacul Ezăreni; 57 120 m^3/an pentru lacul Podu-Iloaiei.

În continuare s-a plecat de la premisa că în bazinele de recepție ale lacurilor de acumulare studiate procesul de eroziune este funcție de o serie de factori cauzali și condiționali care pot fi foarte variabili.

Pentru determinarea volumului de aluviuni ce se depun în lacuri trebuie cunoscută variația cantitativă a procesului de eroziune. În acest scop este necesară zonarea detaliată a bazinului de recepție al acumulărilor după criteriul eroziunii specifice medii influente care reprezintă cantitatea medie de aluviuni ajunsă în lac în timp de un an de pe unitatea de suprafață a unei zone. La lacurile studiate s-a aplicat următorul procedeu de zonare a unui bazin de recepție, procedeu valabil pentru lacurile de acumulare mici și mijlocii. În primul rînd s-au delimitat suprafețele laterale și suprafețele frontale. De pe suprafețele laterale apele de scurgere

debușează direct în lac pe cînd de pe suprafețele frontale apele de scurgere ajung în lac prin intermediul albiei principale pe care s-a creat acumularea.

În cadrul fiecăreia din suprafețele laterale s-au delimitat două categorii de zone după modul cum se realizează transportul apelor de scurgere în lac ; o categorie de zone este constituită din formațiunile torențiale de pe care scurgerea este transportată concentrat, prin intermediul unei rețele torențiale de scurgere, iar cealaltă este constituită din zone interbazinale de pe care transportul scurgerii în lac se realizează pe întreaga lungime a frontului de contact dintre zone și lac.

În cadrul suprafețelor frontale s-au delimitat, de asemenea, două categorii de zone, după modul în care se realizează transportul apelor de scurgere de pe zone în albia cursului principal : zone torențiale și zone interbazinale.

După influența zonelor delimitate (atît pe suprafețele laterale cît și pe cele frontale) exercitată asupra fiecărui lac prin procesul de colmatare s-au stabilit trei tipuri de zone de influență : zone de influență mare, zone de influență medie și zone de influență mică.

Criteriul de bază al diferențierii zonelor de influență l-a constituit eroziunea specifică medie influentă care depinde de caracteristicile acestor zone și anume : categoria din care fac parte zonele, poziția zonelor în bazinul de recepție, stadiul de evoluție al rețelei torențiale, distanța dintre zonă și lac, folosințele zonelor, relieful și pantele zonelor, gradul de eroziune a solului, natura și existența lucrărilor de amenajare.

Zonele de influență mare s-au considerat a fi formațiunile torențiale active de pe suprafețele laterale ale lacurilor sau de pe suprafețele frontale, dar situate la o distanță mai mică de 1 km de coada fiecărui lac atunci cînd albiile principale au capacități mari de transport, cu peste 50% din suprafață ocupată cu arabil, cu relief și pante caracteristice torenților, cu eroziune puternică pînă la excesivă, fără lucrări de reținere a debitului solid.

Zonele de influență mică s-au considerat ca fiind subunitățile naturale interbazinale cu mai puțin de 25% prășitoare și intravilan, precum și formațiunile torențiale cu lucrări de reținere a debitului solid sau cele stabilizate natural situate pe suprafețele frontale, în situația cînd albiile cursurilor principale au capacități mici de transport, iar distanța de la zone la lacuri este mai mare decît 2 km.

Toate celelalte subunități naturale s-au considerat zone de influență medie.

2. În baza rezultatelor cercetărilor privitoare la eroziune de la stațiunile Podu-Iloaiei și Perieni, precum și a cercetărilor efectuate la lacurile amintite, s-au stabilit o serie de coeficienți de pondere în funcție de folosință și zona de influență.

Valorile medii, cu caracter provizoriu, ale acestor coeficienți, sînt prezentate în tabelul 1.

Înmulțind suprafața fiecărei categorii de folosință, din fiecare zonă de influență, cu valoarea coeficienților de pondere corespunzători și efectuînd însumarea acestor produse s-a obținut numărul total de unități de suprafață convenționale din bazinul de recepție al fiecărui lac.

Au rezultat astfel: 56 000 *u* pentru lacul Ciurbești; 142 000 *u* pentru lacul Cucuteni; 90 000 *u* pentru lacul Ezăreni; 204 000 *u* pentru lacul Podu-Iloaiei.

Tabelul 1

Valorile medii cu caracter provizoriu ale coeficienților de pondere

Folosința	Zona de influență		
	mare	medie	mică
Arabil	100	34	4
Intravilan	50	17	2
Pășuni	20	7	0,8
Fineață și păduri	5	2	0,2

Unitățile de suprafață convenționale reprezintă deci raportul dintre un ha și coeficientul de pondere corespunzător folosinței și zonei respective.

3. Determinînd raportul între volumele medii anuale de aluviuni depuse în fiecare lac și numărul total de unități convenționale corespunzător s-au obținut valori care reprezintă eroziunile specifice medii influente convenționale (*e*) pentru lacurile studiate și anume: 0,36 m³/ha pentru lacul Cucuteni; 0,65 m³/ha pentru lacul Ciurbești; 0,49 m³/ha pentru lacul Ezăreni; 0,28 m³/ha pentru lacul Podu-Iloaiei.

Dacă se reprezintă grafic perechile de valori (*u*, *e*) se observă că între aceste variabile există o proporționalitate inversă și anume valorile lui *e* descresc în general cînd valorile lui *u* cresc.

Pentru ușurarea calculelor s-a lucrat cu valorile variabilei *u*/100 000.

În vederea obținerii unei proporționalități directe s-a făcut următoarea schimbare de variabile:

$$Y=e \text{ și } x=\frac{100\,000}{u}.$$

4. Găsirea unei funcții capabile să descrie legea de variație $Y_i=f(x_i)$, pe baza datelor de mai sus, presupune, dacă nu înlăturarea totală, cel puțin minimizarea erorilor aleatorii ce intervin. S-a adoptat o metodă de netezire (ajustare) întrucît alegerea unei funcții al cărei grafic ar trece prin toate punctele date ar conduce la păstrarea și cumularea erorilor menționate.

Avînd cunoscute valorile: $x_1, x_2, \ldots, x_{n+1}$ ale variabilei independente, precum și valorile: $Y_1, Y_2, \ldots, Y_{n+1}$ ale funcției, legea de variație a fenomenului studiat se poate exprima prin combinația liniară:

$$F(x)=a_1 f_1(x)+a_2 f_2(x)+ \ldots + a_{m+1} f_{m+1}(x),$$

unde $m<n$ (numărul de parametri este mai mic decît numărul de puncte cunoscute).

Dacă $r_k = F(x_k) - Y_k$, $(k = 1, 2, ..., n+1)$, reprezintă eroarea, șirul coeficienților a_j, $(j = 1, ..., m+1)$, se va determina din condiția de minim a sumei pătratelor erorilor

$$Q = \sum_{k=1}^{n+1} r_k^2.$$

Din această relație se observă că, dacă se presupun cunoscute funcțiile $f_1(x), f_2(x), ..., f_{m+1}(x)$, singurele necunoscute ale problemei vor fi coeficienții a_j.

Exprimarea condiției de minim pentru funcția Q conduce la un sistem de $m+1$ ecuații, având ca necunoscute cei $m+1$ parametri a_j:

$$(1) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial Q(a_1, a_2, ..., a_{m+1})}{\partial a_1} = 0, \\ \dfrac{\partial Q(a_1, a_2, ..., a_{m+1})}{\partial a_2} = 0, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \dfrac{\partial Q(a_1, a_2, ..., a_{m+1})}{\partial a_{m+1}} = 0. \end{cases}$$

Derivata parțială a funcției $Q(a_1, a_2, ..., Q_{m+1})$ în raport cu a_j este:

$$\frac{\partial Q}{\partial a_j} = 2 \sum_{k=1}^{n+1} [F(x_k) - y_k] \frac{\partial F(x_k)}{\partial a_j}.$$

În practică funcțiile $f_1(x), f_2(x), ..., f_{m+1}(x)$ se aleg sub formă de monoame de la gradul 0 la m:

$$f_j(x) = x^{j-1}, \qquad (j = 1, 2, ..., m+1).$$

Rezultă că $F(x)$ va fi un polinom de gradul m de forma:

$$F(x) = a_1 + a_2 x + a_3 x^2 + \ldots + a_{m+1} x^m.$$

Sistemul de ecuații (1) devine în acest caz:

$$\begin{bmatrix} n+1 & \sum x_k & \sum x_k^2 & \cdots & \sum x_k^m \\ \sum x_k & \sum x_k^2 & \sum x_k^3 & \cdots & \sum x_k^{m+1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sum x_k^m & \sum x_k^{m+1} & \sum x_k^{m+2} & \cdots & \sum x_k^{2m} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{m+1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum Y_k \\ \sum x_k Y_k \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum x_k^m Y_k \end{Bmatrix}$$

sau

$$[C]\ \{A\} = \{B\}.$$

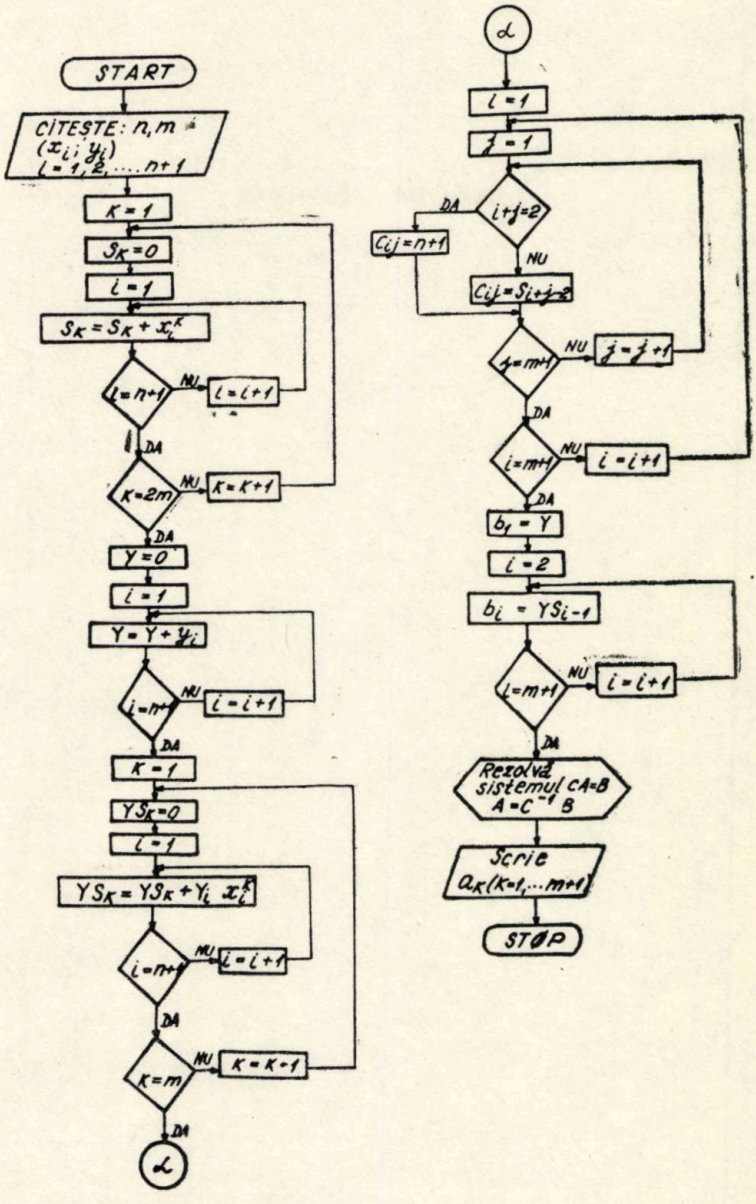


Fig. 1. — Schema logică pentru aproximarea funcţiilor prin metoda celor mai mici pătrate.

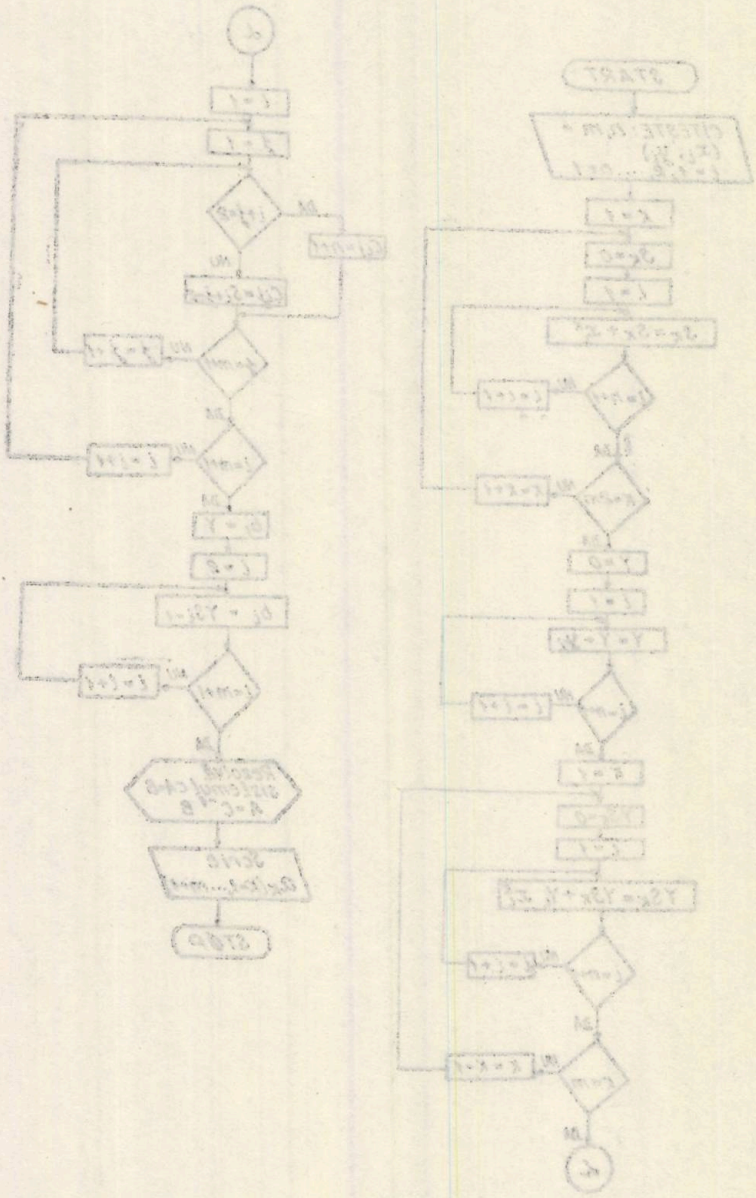


Fig. 1. — Schema logică pentru aproximarea funcțiilor prin metoda celor mai mici pătrate.

În fig. 1 se prezintă schema logică pentru aproximarea funcțiilor prin metoda descrisă mai sus.

În continuare s-au îmbogățit șirurile de valori x_i și Y_i. Cu ajutorul curbei $Y_i=f(x_i)$ s-au determinat valorile prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Șirurile de valori

x_i	0,49	0,60	0,7	0,83	0,96	1,11	1,23	1,39	1,59	1,79
Y_i	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,49	0,52	0,56	0,60	0,64

Apoi s-a urmărit stabilirea ecuației $Y_i=f(x_i)$ folosind un polinom de aproximare de gradul trei de forma :

$$Y=a_1+a_2x+a_3x^2+a_4x^3,$$

cu $n=9$ (numerotarea : 0, 1, 2,...,9) (numărul punctelor cunoscute) ; $n+1=10$; $m=3$ (gradul polinomului de aproximare) ; $m+1=4$.

A rezultat un sistem de patru ecuații cu patru necunoscute și anume coeficienții : a_1, a_2, a_3 și a_4.

Sub formă matricială sistemul de ecuații este :

$$\begin{bmatrix} n+1 & \sum_{i=1}^{10} x_i & \sum_{i=1}^{10} x_i^2 & \sum_{i=1}^{10} x_i^3 \\ \sum_{i=1}^{10} x_i & \sum_{i=1}^{10} x_i^2 & \sum_{i=1}^{10} x_i^3 & \sum_{i=1}^{10} x_i^4 \\ \sum_{i=1}^{10} x_i^2 & \sum_{i=1}^{10} x_i^3 & \sum_{i=1}^{10} x_i^4 & \sum_{i=1}^{10} x_i^5 \\ \sum_{i=1}^{10} x_i^3 & \sum_{i=1}^{10} x_i^4 & \sum_{i=1}^{10} x_i^5 & \sum_{i=1}^{10} x_i^6 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^{10} Y_i \\ \sum_{i=1}^{10} Y_i x_i \\ \sum_{i=1}^{10} Y_i x_i^2 \\ \sum_{i=1}^{10} Y_i x_i^3 \end{Bmatrix}.$$

sau

$$(n+1)\,a_1+a_2\sum_{i=1}^{10} x_i+a_3\sum_{i=1}^{10} x_i^2+a_4\sum_{i=1}^{10} x_i^3=\sum_{i=1}^{10} Y_i,$$

$$a_1\sum_{i=1}^{10} x_i+a_2\sum_{i=1}^{10} x_i^2+a_3\sum_{i=1}^{10} x_i^3+a_4\sum_{i=1}^{10} x_1^4=\sum_{i=1}^{10} Y_i x_i,$$

$$a_1\sum_{i=1}^{10} x_i^2+a_2\sum_{i=1}^{10} x_i^3+a_3\sum_{i=1}^{10} x_i^4+a_4\sum_{i=1}^{10} x_i^5=\sum_{i=1}^{10} Y_i x_i^2,$$

$$a_1\sum_{i=1}^{10} x_i^3+a_2\sum_{i=1}^{10} x_i^4+a_3\sum_{i=1}^{10} x_i^5+a_4\sum_{i=1}^{10} x_i^6=\sum_{i=1}^{10} Y_i x_i^3.$$

Calculele intermediare s-au efectuat și rezolvarea sistemului s-a obținut la calculatorul FELIX C–256, folosind schema logică prezentată în fig. 1.

În urma rezolvării s-au obținut valorile :

$a_1 = -0{,}03714286$, $a_2 = 0{,}71428571$, $a_3 = -0{,}23428571$, $a_4 = 0{,}02857143$.

Polinomul de aproximare este deci de forma :

$$Y = -0{,}03714286 + 0{,}71428571\, x - 0{,}23428571\, x^2 + 0{,}02857143\, x^3.$$

Revenind la variabilele e și u se obține :

$$e = -0{,}03714286 + \frac{71\,428{,}571}{u} - \frac{2\,342\,857\,100}{u^2} + \frac{28\,571\,430\,000\,000}{u^3}.$$

5. Metoda propusă poate fi folosită în modul următor :

1° Se zonează bazinul de recepție aferent acumulării ce urmează să se proiecteze și se stabilește numărul total de unități de suprafață convenționale (u) după procedeul descris anterior.

2° Cunoscînd pe u se stabilește, cu ajutorul relației $e = f(u)$, valoarea eroziunii specifice medii influente (e).

3° Valoarea lui e se înmulțește cu fiecare coeficient de pondere din tabelul 1 rezultînd eroziunile medii influente corespunzătoare fiecărei folosințe din cadrul fiecărei zone de influență.

4° În continuare se stabilesc eroziunile medii influente pentru fiecare zonă de influență în parte ca medii ponderate în raport cu suprafețele ocupate de folosințe.

5° Înmulțind eroziunile medii influente corespunzătoare zonelor de influență cu suprafețele zonelor respective și efectuînd suma acestor produse rezultă cantitatea totală de aluviuni ce va fi reținută, în timp de un an, în lacul de acumulare ce urmează a se proiecta.

Primită la 25 mai 1979

Institutul politehnic, Iași,
Catedra de combaterea eroziunii,
pedologie și topografie

BIBLIOGRAFIE

1. Băloiu V., Giurma I., *Contribuții la determinarea volumului de colmatare a lacurilor de acumulare după criteriul eroziunii specifice influente.* Producția vegetală, cereale și plante tehnice, *9* (1978).
2. Mc. Calla, *Numerical Methods and Fortran Programming.* John Willey a. Sons, New York, 1968.
3. Rumșiski L. Z., *Prelucrarea matematică a datelor experimentale,* (trad. din l. rusă). Ed. Tehn., Buc., 1974.

UNE NOUVELLE MÉTHODE DE CALCUL DU VOLUME D'ALLUVIONS RETENUES DANS LES LACS D'ACCUMULATION DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE BAHLUI

(Résumé)

La méthode proposée est basée sur l'établissement approximatif du volume annuel d'alluvions déposées dans une accumulation qui doit être réalisée dans le bassin hydrographique de Bahlui ou dans d'autres bassins de Moldavie, en utilisant la liaison corrélative entre le nombre total d'unités de surface conventionnelles du bassin de réception des accumulations et l'erosion conventionnelle qui correspond à chaque bassin.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secţia VI
ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

C.Z. 631.8

EFECTUL ÎNGRĂŞĂMINTELOR CU AZOT APLICATE PLANTELOR DUPĂ INUNDARE

DE

CHIRIL POPESCU şi STELA AXINTE

1. Introducere

Excesul temporar de apă cuprinde peste 8,6 milioane ha pe teritoriul ţării noastre [2] şi determină stagnarea în creştere a plantelor sau asfixierea lor. Întrucît după o inundare de scurtă durată sîntem interesaţi ca plantele să se refacă cît mai repede, în această lucrare se urmăreşte efectul îngrăşămintelor cu azot aplicate plantelor de porumb, soia şi sfeclă de zahăr după inundare.

2. Metoda de cercetare

Experienţele au fost organizate în anul 1978, folosind vase de vegetaţie cu capacitatea de 12 l şi sol din orizontul *A* al unui cernoziom moderat levigat, cu o fertilitate bună. La însămînţare s-au folosit următoarele soiuri şi hibrizi: la porumb, HD-225 şi HS-400, la soia, Chippewa-64 şi Altona, la sfecla de zahăr, R-Poly 1 şi R-Poly-7. După răsărirea plantelor, cînd ele aveau vîrsta de 8 zile, 20 zile sau 40 zile, vasele au fost introduse în bazine cu apă care acoperea suprafaţa solului şi menţinute astfel 3, 7 sau 10 zile (tabelul 1). După scoaterea vaselor din bazin şi drenarea excesului de apă s-a aplicat azotat de amoniu cîte 0,5 g N (substanţă activă) la fiecare vas, urmărindu-se, după 30 zile, modul cum s-au refăcut plantele în comparaţie cu cele care n-au primit îngrăşămînt. Greutatea diferitelor organe ale plantelor este notată în tabelele 2...4 şi reprezintă media celor două soiuri (hibrizi) cu care s-a lucrat, la fiecare specie.

3. Rezultatele obţinute

În timpul inundării frunzele s-au îngălbenit şi au început să se usuce, tulpinile de porumb au căpătat culoarea violacee iar pe tulpinile de soia au apărut crăpături longitudinale şi rădăcini adventive. La sfecla de zahăr o parte dintre rădăcini putrezesc, iar altele se îndreaptă către suprafaţa solului în căutarea aerului. Simptome asemănătoare au observat şi alţi cercetători [1], [3] ... [5], la plantele inundate.

Tabelul 1

Variante experimentate

Varianta	Vîrsta plantelor la inundare zile	Durata inundării zile	Tratamentul după inundare
1	8	3	Nefertilizat — martor pentru V_2
2	8	3	Fertilizat
3	8	7	Nefertilizat — martor pentru V_4
4	8	7	Fertilizat
5	8	10	Nefertilizat — martor pentru V_6
6	8	10	Fertilizat
7	20	3	Nefertilizat — martor pentru V_8
8	20	3	Fertilizat
9	20	7	Nefertilizat — martor pentru V_{10}
10	20	7	Fertilizat
11	20	10	Nefertilizat — martor pentru V_{12}
12	20	10	Fertilizat
13	45	3	Nefertilizat — martor pentru V_{14}
14	45	3	Fertilizat
15	45	7	Nefertilizat — martor pentru V_{16}
16	45	7	Fertilizat
17	45	10	Nefertilizat — martor pentru V_{18}
18	45	10	Fertilizat

Tabelul 2

Efectul azotatului de amoniu asupra plantelor de porumb, după inundare

Varianta	Greutatea substanţei uscate la 30 zile după aplicarea îngrăşămîntului									
	Rădăcini		Partea aeriană (total)		Tulpini		Frunze		Inflorescenţe	
	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt
1	5,3	100,0	12,7	100,0	4,2	100,0	8,5	100,0	—	—
2	14,5	264,5	34,5	270,5	12,7	300,0	21,7	255,8	—	—
3	9,4	100,0	16,5	100,0	6,1	100,0	10,4	100,0	—	—
4	18,1	193,0	25,9	157,2	11,5	189,3	19,3	186,5	—	—
5	7,1	100,0	17,5	100,0	6,6	100,0	11,9	100,0	—	—
6	8,9	126,0	23,1	131,6	8,4	124,3	14,7	123,5	—	—
7	17,0	100,0	26,7	100,0	14,5	100,0	22,2	100,0	—	—
8	27,0	158,3	53,3	199,4	20,75	143,1	32,6	146,5	—	—
9	14,6	100,0	44,4	100,0	18,4	100,0	26,0	100,0	—	—
10	24,4	166,5	47,6	107,2	21,2	115,2	26,4	101,5	—	—
11	15,8	100,0	40,7	100,0	21,9	100,0	16,7	100,0	3,0	100,0
12	33,6	212,3	68,8	169,1	29,2	133,0	35,6	212,8	4,0	133,3
13	27,4	100,0	88,6	100,0	55,2	100,0	27,1	100,0	6,0	100,0
14	85,1	310,5	179,1	202,2	68,6	124,2	40,5	149,6	52,0	867,5
15	17,5	100,0	77,5	100,0	41,0	100,0	25,1	100,0	14,5	100,0
16	38,4	218,8	130,2	167,9	71,9	174,7	37,8	150,5	81,9	565,1
17	21,75	100,0	74,7	100,0	42,4	100,0	26,1	100,0	6,2	100,0
18	61,4	282,5	140,0	187,3	57,6	135,9	45,6	174,9	36,7	590,0

Îngrășămintele cu azot, aplicate plantelor după inundare, le-au ajutat în mod evident să se refacă. La porumb (tabelul 2) azotatul de amoniu, la 30 de zile după aplicare, a sporit greutatea rădăcinilor cu 26,05 ... 210,58% față de plantele care n-au primit îngrășăminte (fig. 1). Părțile aeriene ale plantelor au crescut de asemenea, în greutate, cu 7,20 ... 170,58% față de martor (fig. 2). Se remarcă sporuri mari în greutate, în special la tulpini și inflorescențe.

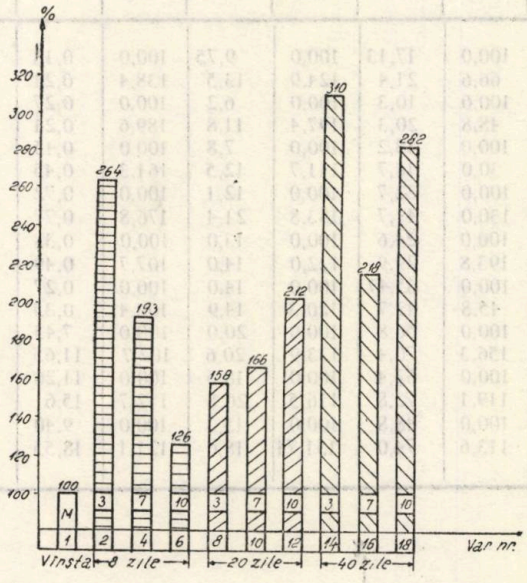


Fig. 1. — Efectul azotului asupra rădăcinilor de porumb, după inundare.

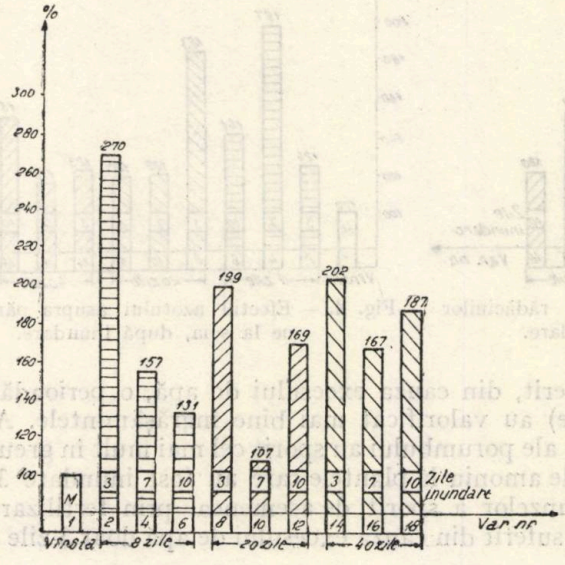


Fig. 2. — Efectul azotului asupra părții aeriene la porumb, după inundare.

Tabelul 3

Efectul azotatului de amoniu asupra plantelor de soia, după inundare

Varianta	Greutatea substanţei uscate la 30 zile după aplicarea îngrăşămîntului									
	Rădăcini		Nodozităţi		Părţi aeriene (total)		Foliole		Fructificaţii	
	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt
1	6,1	100,0	0,06	100,0	17,13	100,0	9,75	100,0	0,18	100,0
2	6,9	114,5	0,04	66,6	21,4	124,9	13,5	138,4	0,21	116,6
3	4,0	100,0	0,43	100,0	10,3	100,0	6,2	100,0	0,27	100,0
4	6,0	150,0	0,21	48,8	20,3	197,4	11,8	189,6	0,21	77,7
5	4,0	100,0	0,3	100,0	13,2	100,0	7,8	100,0	0,45	100,0
6	5,5	135,8	0,09	30,0	18,7	141,7	12,5	161,3	0,45	100,0
7	8,4	100,0	0,4	100,0	22,7	100,0	12,1	100,0	0,72	100,0
8	10,0	119,6	0,52	130,0	41,7	183,8	21,4	176,8	0,77	106,9
9	8,3	100,0	0,16	100,0	24,6	100,0	13,0	100,0	0,38	100,0
10	9,9	119,3	0,31	193,8	29,9	122,0	14,0	107,7	0,49	128,9
11	9,74	100,0	0,48	100,0	35,47	100,0	14,0	100,0	0,27	100,0
12	10,45	107,28	0,22	45,8	42,7	120,3	14,9	106,4	0,35	129,6
13	21,45	100,0	1,26	100,0	56,8	100,0	20,0	100,0	7,45	100,0
14	23,6	110,0	1,97	156,3	70,4	123,9	20 6	102,7	11,65	156,3
15	14,4	100,0	0,47	100,0	62,4	100,0	18,5	100,0	11,20	100,0
16	21,8	151,2	0,56	119,1	72,8	116,5	20,8	112,7	15,6	139,2
17	17,2	100,0	1,17	100,0	48,8	100,0	15,3	100,0	9,40	100,0
18	20,8	120,9	1,33	113,6	74,0	151,74	18,6	121,1	18,55	197,3

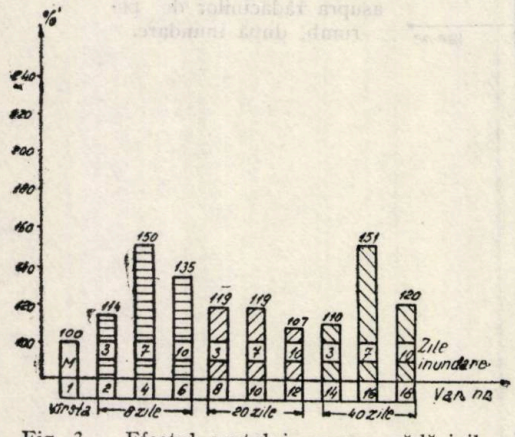


Fig. 3. — Efectul azotului asupra rădăcinilor de soia, după inundare.

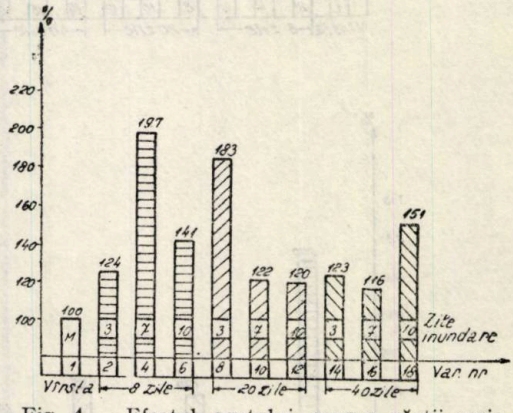


Fig. 4. — Efectul azotului asupra părţii aeriene la soia, după inundare.

Plantele care au suferit, din cauza excesului de apă, o perioadă mai scurtă de timp (3 ... 7 zile) au valorificat mai bine îngrăşămintele. Astfel rădăcinile şi părţile aeriene ale porumbului au sporit cel mai mult în greutate, sub influenţa azotatului de amoniu la plantele care au fost inundate 3 zile (V_2 şi V_{14}). Greutatea frunzelor a sporit, de asemenea, prin fertilizare, în special, la plantele care au suferit din cauza excesului de apă doar 3 zile (V_2).

La soia (tabelul 3) îngrăşămintele cu azot au sporit greutatea rădăcinilor cu 7,28 ... 51,21%, faţă de martor (fig. 3). Efectul cel mai evident se constată la plantele care au fost inundate timp de 7 zile (V_4 şi V_{16}). Nodozităţile de pe rădăcini sînt influenţate favorabil de îngrăşăminte doar la plantele care au fost inundate într-o fază mai avansată de vegetaţie (20 ... 40 zile). Părţile aeriene ale plantelor au sporit în greutate la aplicarea azotatului de amoniu cu 16,57 ... 97,37%, faţă de cele nefertilizate (fig. 4). Efectul cel mai pregnant se observă la plantele în vîrstă de 8 ... 20 zile, inundate 3 ... 7 zile (V_4 şi V_8). La plantele inundate la vîrsta de 8 ... 20 zile îngrăşămintele stimulează creşterea tulpinilor şi frunzelor, iar la cele inundate la vîrsta de 40 zile, azotatul de amoniu a intensificat fructificarea. Frunzele au crescut mai mult în greutate sub influenţa îngrăşămintelor la plantele în vîrstă de 8 zile, inundate timp de 7 zile (V_4).

Tabelul 4

Efectul azotului asupra plantelor de sfeclă de zahăr, după inundare

Varianta	Greutatea substanţei uscate sintetizată la 30 zile de la aplicarea tratamentului					
	Rădăcini		Frunze		Total	
	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt	g/vas	% din Mt
1	1,15	100,0	2,37	100,0	3,52	100,0
2	4,02	349,5	5,37	226,5	9,39	266,7
3	1,55	100,0	2,17	100,0	3,72	100,0
4	3,85	248,3	5,0	230,4	8,85	237,9
5	0,75	100,0	1,45	100,0	2,20	100,0
6	2,15	286,6	5,77	397,9	7,90	359,0
7	6,15	100,0	6,30	100,0	12,45	100,0
8	12,50	203,2	12,02	190,79	24,52	196,9
9	3,82	100,0	6,40	100,0	10,22	100,0
10	5,90	154,4	12,10	189,06	18,00	176,12
11	3,35	100,0	6,1	100,0	9,45	100,0
12	6,65	198,5	8,12	133,11	14,77	156,29
13	4,84	100,0	6,32	100,0	11,16	100,0
14	9,80	202,4	8,25	139,4	18,05	161,7
15	9,17	100,0	8,25	100,0	17,42	100,0
16	10,17	110,9	8,80	106,6	18,97	108,8
17	4,0	100,0	5,3	100,0	9,3	100,0
18	8,0	200,0	8,7	165,0	16,75	180,1

La sfecla de zahăr (tabelul 4) îngrăşămintele cu azot au sporit greutatea rădăcinilor cu 10,90 ... 249,56%, faţă de martor (fig. 5). Se remarcă efectul deosebit de favorabil al îngrăşămintelor asupra plantelor inundate la vîrsta de 8 zile. Au reacţionat cel mai bine la fertilizare plantele care au stat în apă doar 3 zile. Greutatea frunzelor a crescut de asemenea, cu 6,66 ... 297,93% (fig. 6). Azotatul de amoniu a sporit, în cea mai mare măsură, greutatea frunzelor la plantele inundate la vîrsta de 8 zile. În total, sporul în greutate înregistrează valori cuprinse între 8,89 ... 259,09%. În general se remarcă o valorificare mai bună a îngrăşămintelor cu azot la plantele inundate la vîrsta de 8 zile. Azotatul de amoniu a stimulat atît dezvol-

tarea frunzelor cît și a rădăcinilor. Comparînd efectul îngrășămintelor asupra celor trei plante luate în studiu se constată că au valorificat bine azotatul de amoniu, porumbul și sfecla de zahăr și mai puțin soia. Se remarcă diferențe între soiuri și hibrizi, din punct de vedere al modului cum se comportă față de îngrășăminte.

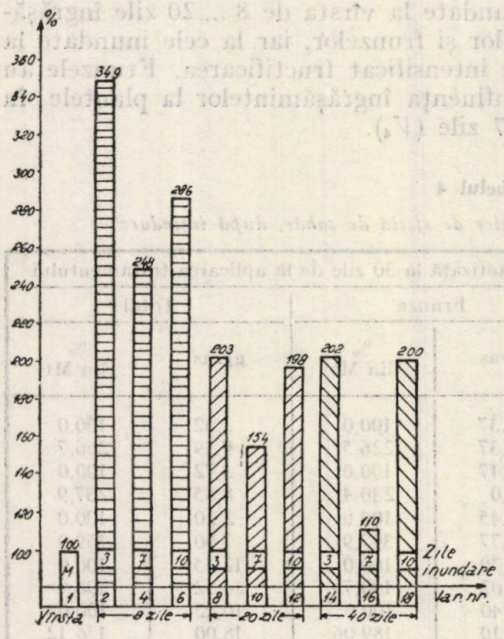


Fig. 5. — Efectul azotului asupra rădăcinilor de sfeclă de zahăr, după inundare.

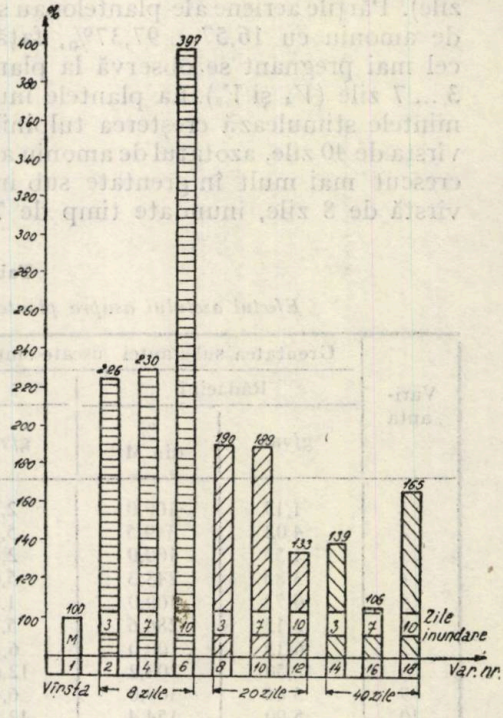


Fig. 6. — Efectul azotului asupra frunzelor de sfeclă de zahăr, după inundare.

4. Concluzii

1. Azotatul de amoniu a favorizat, în mare măsură, refacerea plantelor după inundare. La 30 zile după aplicarea îngrășămîntului greutatea părților aeriene la porumb sporește cu 7,20 ... 170,58%, la sfecla de zahăr cu 6,66 ... 297,93%, iar la soia cu 16,57 ... 97,37% față de martorul nefertilizat.

2. Porumbul și sfecla de zahăr au valorificat mai bine îngrășămîntul cu azot decît soia. Există diferențe între soiuri și hibrizi, din acest punct de vedere.

3. La porumb și sfeclă rădăcinile au sporit mai mult în greutate la plantele inundate numai 3 zile, iar la soia la cele inundate 7 zile.

4. Porumbul, care a suferit din cauza inundației doar 3 ... 7 zile, a valorificat mai bine îngrășămîntul decît plantele care au stat mai mult timp sub apă.

5. Sfecla de zahăr inundată la vîrsta de 8 zile a valorificat mai bine îngrășămintele decît în cazul cînd inundarea intervine la vîrsta de 45 ... 50 zile.

6. Căldura și alți factori de vegetație influențează refacerea plantelor după inundare.

Primită la 7 aprilie 1980

Institutul politehnic, Iași,
Catedra de combaterea eroziunii,
pedologie și topografie

BIBLIOGRAFIE

1. Candelă V. și colab., *Valorificarea economică a terenurilor slab productive.* Ed. Agrosilvică, Buc., 1968.
2. Florea N., Munteanu I., *Terenurile afectate de exces de umiditate în România.* ICDH, Buc., 1972.
3. Хоуэлл Р. В., *Соя* (пер. с. англ.). Изд. Колос, М., 1970.
4. Moraru M. și colab., *Desecarea terenurilor agricole.* Ed. Agrosilvică, Buc., 1967.
5. Scurtu D., *Influența umezirii pluviale excesive asupra producției de porumb și in pentru fibre în județul Suceava.* Cerc. agron. în Moldova, *1* (1978).

EFFET DES ENGRAIS AZOTÉS APPLIQUÉS AUX PLANTES APRÈS INONDATION

(Résumé)

Les recherches effectuées, dans des vases de végétation, ont prouvé que le nitrate d'ammonium favorise, en grande mesure, le redressement des plantes après inondation. Le maïs et le betterave à sucre utilisent mieux cet engrais que le soya. Il y a des différences entre les variétés et les hybrides de ce point de vue. Le maïs qui a souffert seulement 3...7 jours à cause de l'inondation emploie mieux l'engrais que les plantes qui sont restées 10 jours sous l'eau. Le betterave à sucre inondé 8 jours depuis la germination se redresse mieux à l'aide des engrais que dans le cas ou l'inondation intervient après 45...50 jours de la germination. La chaleur et d'autres facteurs de végétation influencent le redressement des plantes après l'inondation.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secția VI
ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

C.Z. 627.1; 683

STUDIUL ANALITIC AL MECANISMULUI FORMĂRII ȘI VARIAȚIEI SCURGERII SUPERFICIALE PE SOLUL UNUI VERSANT CULTIVAT

DE

VICTOR ZAVATI și I. GIURMA

1. Procesul formării scurgerii ca rezultat al acțiunii conjugate a factorilor determinanți (precipitații, infiltrație, evapotranspirație, umiditate a solului, intercepție pe vegetație, acumulări în micile depresiuni de pe suprafața solului, precum și proprietățile fiziografice ale versantului), include un grad de complexitate accentuat cu aspecte, pînă în prezent, în parte neelucidate. În vederea obținerii unor rezultate cu aproximații acceptabile apare necesitatea exprimării atente a ponderii fiecărui factor amintit.

În acest scop s-a plecat de la constatarea că scurgerea hidrologică este un sistem determinist, sistem care după teoria informației posedă trei componente și anume: impulsul, operatorul și răspunsul.

Elucidarea problemei a necesitat efectuarea unor cercetări privind urmărirea modului în care se produce scurgerea, dinamica și intensitatea acesteia în funcție de: culturi, tehnologiile aplicate, panta versantului și particularitățile precipitațiilor.

2. S-a amenajat, ca operator, o parcelă de scurgere în suprafață de 100 m², separată prin panouri de tablă, cultivată cu porumb, cu solul lucrat normal.

Precipitațiile (impulsul) au fost înregistrate cu ajutorul unui pluviograf, iar scurgerea (răspunsul) a fost colectată cu ajutorul unei instalații speciale prevăzută în aval de parcelă.

Modelul scurgerii apei pe parcelă s-a studiat printr-o metodă hidraulică, metodă ce se integrează în sistemul determinist.

Afluxul precipitației creează pe solul parcelei un strat de apă ce gravitează către instalația de colectare (fig. 1).

Admițînd că mișcarea apei pe parcelă este gradual variată și nepermanentă, ecuațiile lui Saint-Venant, pentru calculul curentului ce se formează, devin:

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = i - U(t)$$

ecuația continuității și

$$V = C\sqrt{Rj_{teren}}$$

— ecuaţia dinamică redusă la singurul termen dominant în cazul de faţă şi anume la viteză, exprimată după Chézy.

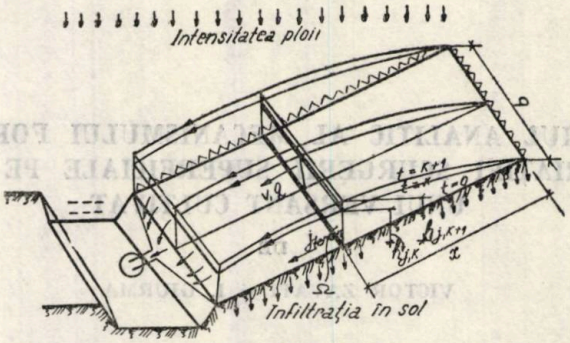


Fig. 1. — Scurgerea hidrologică pe parcelă.

În aceste ecuaţii şi în fig. 1 s-au folosit următoarele notaţii: V — viteza medie a curentului în secţiunea Ω; q — debitul ce trece prin secţiunea Ω; Ω — aria secţiunii de curgere corespunzătoare momentului t şi aflată la distanţa x de capătul amonte al parcelei; n_{rug} — coeficientul de rugozitate; C — coeficientul lui Chézy; i — intensitatea precipitaţiilor, admisă constantă; $U(t)$ — intensitatea de infiltraţie dată de formula lui Horton; $\varphi(t) = i - U(t)$ — afluxul precipitaţiei nete; R — raza hidraulică; j_{teren} — panta parcelei de scurgere; b — lăţimea parcelei.

Făcînd aproximaţia $R = h$ (adîncimea curentului) şi ţinînd seama de expresia lui C, ecuaţia vitezei devine:

$$V = \beta\sqrt{h}$$

unde: $\beta = \sqrt{8gj_{teren}}/f$ = const., pentru mişcarea laminară şi $\beta = h^{1/6}\sqrt{j_{teren}}/n$ — variabil, pentru mişcarea turbulentă, f — o constantă, egală cu 20.

Pentru simplificarea problemei, în continuare ne vom referi numai la mişcarea în regim laminar.

Ţinînd seama de faptul că $\Omega = bh$ şi $R = h$ ecuaţia de continuitate devine:

$$\frac{b\partial h}{\partial t} + b\beta\frac{\partial(h^{3/2})}{\partial x} = \varphi(t).$$

3. Structura complexă a acestei ecuaţii diferenţiale nu permite o soluţionare analitică, ci numai pe cale numerică, folosind teoria diferenţelor finite, conform schiţei din fig. 2.

Într-o secţiune curentă (*1—1*) (fig. 2), ecuaţia diferenţială a continuităţii se poate scrie în diferenţe finite devenind:

$$h_{j,k+1} = h_{j,k} - \Delta t\left[\beta\frac{h_{j+1,k}^{3/2} - h_{j-1,k}^{3/2}}{2\Delta x} - \frac{1}{2b}(\varphi_{j,k} + \varphi_{j,k+1})\right].$$

În secţiunea din aval (*2—2*) aceeaşi ecuaţie diferenţială devine:

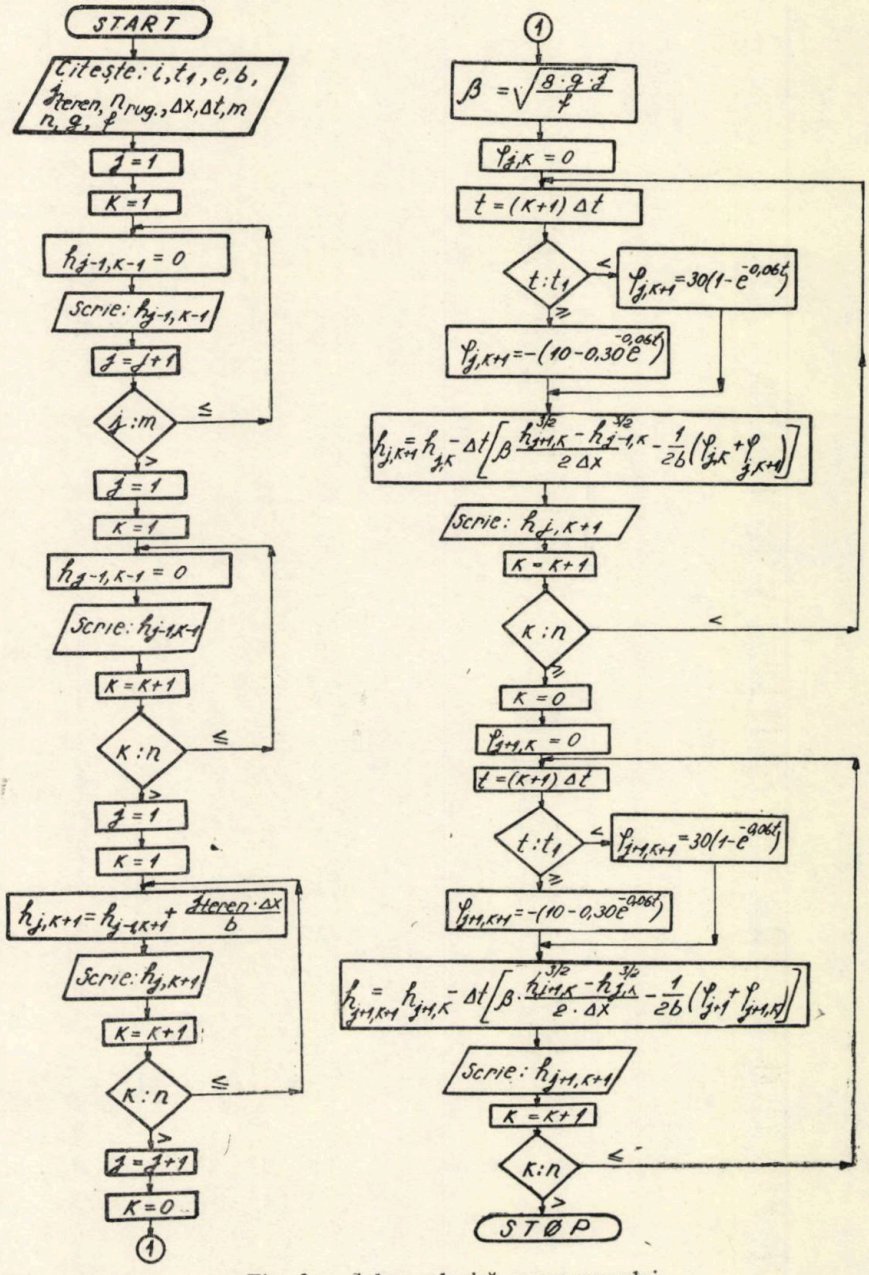


Fig. 3. — Schema logică a programului.

$$h_{j+1,k+1} = h_{j+1,k} - \Delta t \left[\beta \frac{h_{j+1,k}^{3/2} - h_{j,k}^{3/2}}{2\Delta x} - \frac{1}{2b} (\varphi_{j+1,k+1} + \varphi_{j+1,k}) \right].$$

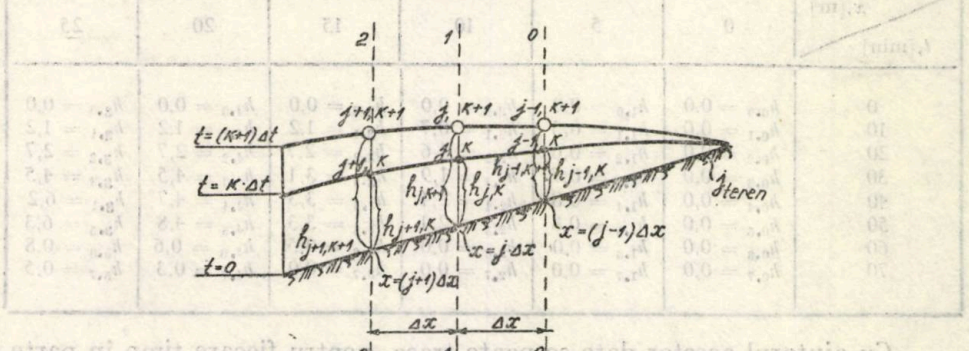


Fig. 2. — Schema de calcul în diferențe finite a ecuației diferențiale a continuității pentru regimul laminar.

În secțiunea din capătul amonte $(0-0)$ se scrie condiția de margine și anume că tangenta la suprafața liberă este nulă, rezultînd:

$$h_{j-1,k+1} = h_{j,k+1} - \frac{j_{\text{teren}}\, \Delta x}{b}.$$

Cu ajutorul acestor relații s-au calculat adîncimile stratului de apă din amonte spre aval, stabilindu-se astfel profilul longitudinal al suprafeței libere a curentului de apă format pe parcela de scurgere pentru diferite valori ale timpului.

Volumul de apă acumulat pe lungimea totală a parcelei s-a determinat cu relația:

$$W = b \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} h_{j,k}\, \Delta x.$$

4. Răspunsul final urmărit — adîncimile și volumul de apă scurs pe parcelă — s-a obținut pentru valorile concrete ale impulsului și operatorului, valori prezentate în cele ce urmează.

Impulsul s-a considerat o ploaie de intensitate $i = 0{,}35$ mm/min și de durată $t_1 = 50$ min.

Afluxul precipitației nete s-a calculat cu relațiile:

$$\varphi(t) = \begin{cases} 30(1 - e^{-0{,}06t}) \text{ mm/min pentru } 0 < t < t_1; \\ -(10 - 0{,}30\, e^{-0{,}06t}) \text{ mm/min pentru } t > t_1. \end{cases}$$

Elementele operatorului, după modelul folosit, sînt: lungimea $l = 25$ m, lățimea $b = 4$ m, panta $j_{\text{teren}} = 0{,}08$ și coeficientul de rugozitate $n_{\text{rug}} = 0{,}035$ s/m$^{1/3}$.

Pasul de distanță (Δx) s-a luat egal cu 5 m iar pasul de timp (Δt) egal cu 10 min.

Calculele fiind laborioase s-au efectuat la calculatorul electronic de la centrul de calcul al Institutului politehnic, Iași, pe baza unui program a cărui schemă logică este redată în fig. 3.

Rezultatele obținute sînt centralizate în tabelul 1.

Tabelul 1

Adîncimile h (mm) *în lungul parcelei, pentru diferite valori ale timpului*

x,[m] / t,[min]	0	5	10	15	20	25
0	$h_{0,0} = 0,0$	$h_{1,0} = 0,0$	$h_{2,0} = 0,0$	$h_{3,0} = 0,0$	$h_{4,0} = 0,0$	$h_{5,0} = 0,0$
10	$h_{0,1} = 0,0$	$h_{1,1} = 0,3$	$h_{2,1} = 0,7$	$h_{3,1} = 1,2$	$h_{4,1} = 1,2$	$h_{5,1} = 1,2$
20	$h_{0,2} = 0,0$	$h_{1,2} = 0,6$	$h_{2,2} = 1,6$	$h_{3,2} = 2,7$	$h_{4,2} = 2,7$	$h_{5,2} = 2,7$
30	$h_{0,3} = 0,0$	$h_{1,3} = 0,7$	$h_{2,3} = 1,9$	$h_{3,3} = 3,1$	$h_{4,3} = 4,5$	$h_{5,3} = 4,5$
40	$h_{0,4} = 0,0$	$h_{1,4} = 0,8$	$h_{2,4} = 2,1$	$h_{3,4} = 3,3$	$h_{4,4} = 4,7$	$h_{5,4} = 6,2$
50	$h_{0,5} = 0,0$	$h_{1,5} = 0,8$	$h_{2,5} = 2,1$	$h_{3,5} = 3,3$	$h_{4,5} = 4,8$	$h_{5,5} = 6,3$
60	$h_{0,6} = 0,0$	$h_{1,6} = 0,0$	$h_{2,6} = 0,0$	$h_{3,6} = 0,5$	$h_{4,6} = 0,6$	$h_{5,6} = 0,8$
70	$h_{0,7} = 0,0$	$h_{1,7} = 0,0$	$h_{2,7} = 0,0$	$h_{3,7} = 0,0$	$h_{4,7} = 0,3$	$h_{5,7} = 0,5$

Cu ajutorul acestor date se poate trasa, pentru fiecare timp în parte, profilul longitudinal al suprafeţei libere a curentului de apă format pe parcela de scurgere.

Volumul de apă scurs de pe parcelă în urma ploii luată în studiu, calculat cu relaţia propusă, este de 1,2 m^3, volum ce este apropiat ca valoare de cel experimental, colectat în instalaţia de la baza parcelei (1,4 m^3).

Concluzii

1. Cu metoda analitică de calcul propusă se obţin rezultate cu un grad de precizie admis în studiul scurgerii superficiale.

2. Cu toate că procedeul matematic al diferenţelor finite include un grad de aproximare, el a permis, totuşi, punerea în evidenţă a unor trăsături esenţiale ale procesului studiat.

3. Se pot obţine rezultate mai exacte prin introducerea de pante variabile în lungul parcelei de scurgere, secţiuni de scurgere variabile, precum şi a unor ploi cu intensităţi variabile.

Primită la 10 iunie 1980

Institutul politehnic, Iaşi,
Catedra de beton armat şi construcţii hidrotehnice
şi
Catedra de combaterea eroziunii solului, pedologie şi topografie

BIBLIOGRAFIE

1. Godunov K. S., Reabenki S. V., *Scheme de calcul cu diferenţe finite*, (trad. din l. rusă). Ed. Tehn., Buc., 1977.
2. Mateescu Cr., *Hidraulică*. EDP, Buc., 1963.
3. Vladimirescu I., *Hidrologie*. EDP, Buc., 1978.

ÉTUDE ANALYTIQUE DE LA FORMATION ET DE LA VARIATION DE L'ÉCOULEMENT SUPERFICIEL SUR UN VERSANT CULTIVÉ

(Résumé)

On propose un algorithme de calcul, par la méthode des différences finies, de l'écoulement superficiel pluvial sur une parcelle cultivée aux céréales.

Les données obtenues sur ordinateur sont comparées aux celles obtenues dans le champ d'expériences et on constate que la précision du calcul est admissible dans l'étude de l'écoulement superficiel.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAŞI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secţia VI
ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

C.D. 627.1; 627.8

ÉTUDE DES NOUVEAUX ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON POUR LA CONSTRUCTION DES BARRAGES DE TYPE MIXT UTILISÉS DANS L'AMÉNAGEMENT DES TORRENTS

PAR

N. POPOVICI et ADRIAN PRICOP

1. Considérations générales

Les ouvrages transversaux de type „massif en terre-perré en beton" (fig. 1 *a*) sont utilisés en Roumanie depuis relativement peu de temps dans l'aménagement des torrents du territoire agricole. Leur utilisation est motivée par la valorification des matériaux de construction locaux, la main

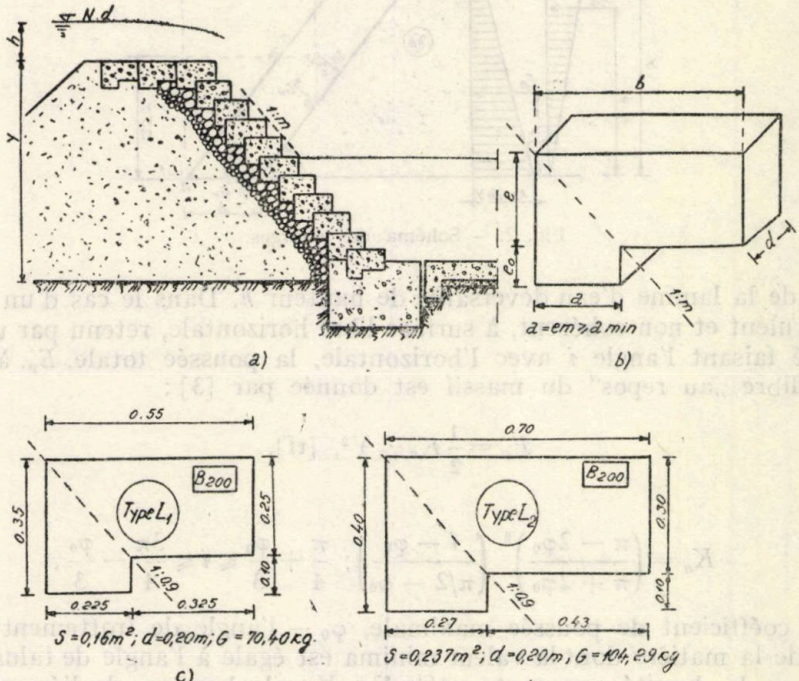


Fig. 1. — *a* — Coupe transversale du barrage; *b* — notation des dimensions; *c* — élément préfabriqué type L1; *d* — élément préfabriqué type L 2.

d'oeuvre reduite et par un prix de réalisation inférieur aux ouvrages en béton de 30 à 40% [1], [2].

Afin de faciliter une promotion plus importante de ces ouvrages, efficients du point de vue technique et économique, on présente ci-dessous la conception, le dimensionnement et la typisation des nouveaux éléments préfabriqués en béton simple (B 200) utilisés dans le but d'assurer la stabilité et la protection du talus aval des barrages à des pentes assez fortes.

2. Dimensionnement et typisation des éléments préfabriqués

2.1. Hypothèse de calcul

On considère que le perré épais, de hauteur Y et épaisseur b à la base (fig. 2), est soumis au renversement et au glissement sous l'action des poussées E_p et E_a dues au massif en terre surchargé par la pression hydrosta-

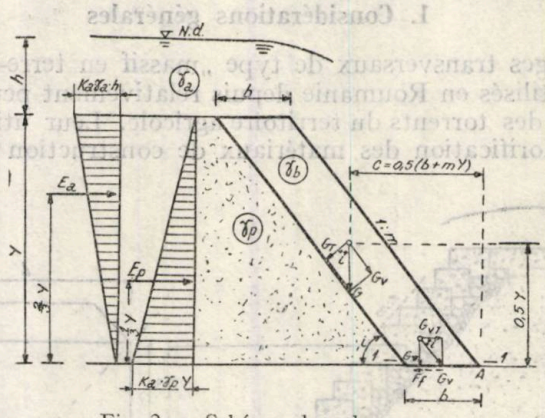


Fig. 2. — Schéma des charges.

tique de la lamme d'eau déversante de hauteur h. Dans le cas d'un massif pulvérulent et non cohérent, à surface libre horizontale, retenu par un mur incliné faisant l'angle i avec l'horizontale, la poussée totale, E_p, à l'état d'équilibre „au repos" du massif est donnée par [3] :

$$E_p = \frac{1}{2} K_a \gamma_p Y^2, \ [\text{tf}], \tag{1}$$

où :

$$K_a = \left(\frac{\pi - 2\varphi_0}{\pi + 2\varphi_0}\right)^2 \left(\frac{i - \varphi_0}{\pi/2 - \varphi_0}\right); \ \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{3} \leq i \leq \frac{3\pi}{4} - \frac{\varphi_0}{3}, \tag{2}$$

est le coéfficient de poussée maximale, φ_0 — l'angle de frottement minimum de la matière dont la valeur minima est égale à l'angle de talus naturel ; γ_p — la densité apparente, [tf/m^3] ; Y — la hauteur de l'écran, [m].

Le point d'application de la poussée E_p est situé à une hauteur égale à $Y/3$, à partir de la base.

La poussée totale due à la surcharge, $S=\gamma_a h$, uniformément répartie sur le ramblai, où γ_a est le poids volumétrique de l'eau, est donnée par [3] :

$$E_a=\frac{1}{2}K_a SY, \quad [\text{tf}]. \tag{3}$$

La poussée due à la surcharge est maxima au nivel du sommet de l'écran et la résultante de la poussée passe au tiers supérieur du mur [3].

Le propre poids G du perré épais est :

$$G=bY\gamma_b, \quad [\text{tf}], \tag{4}$$

où : b est l'épaisseur moyenne du perré suivant un plan horizontal, [m] ; γ_b — la densité apparente du béton simple (2,2 tf/m³).

2.2. Stabilité du perré au renversement et calcul de l'épaisseur moyenne du perré

Le coefficient de stabilité au renversement, K_R, est donné par :

$$K_R=\frac{\sum M_s}{\sum M_r}\geqslant 1{,}30, \tag{5}$$

où :

$$\sum M_s=Gc, \quad [\text{tf.m}], \tag{6}$$

est la somme des moments qui s'opposent au renversement, calculés par rapport au point A (fig. 2), avec

$$c=0{,}5(b+mY), \tag{7}$$

m en étant le coéficient de talus de pente 1 : m, ($\text{tg}\,i=1/m$) ;

$$\sum M_R=\frac{2}{3}YE_a+\frac{1}{3}YE_p \tag{8}$$

est la somme des moments qui actionnent dans le sens de renversement, calculés par rapport au même point A.

En considérant à la limite $K_R=1{,}3$, $\gamma_b=2{,}2$ tf/m³ et en tenant compte de (1), (3), (4), (6) ... (8) on obtient :

$$b^2+Bb-C=0 \tag{9}$$

où :

$$B=mY, \tag{10.1}$$

$$C=0{,}3935\,E_p+0{,}7890\,E_a. \tag{10.2}$$

La racine positive de l'équation (9) sera la largeur moyenne du perré pour la quelle $K_R=1{,}30$.

2.3. Stabilité du perré au glissement en plan horizontal

Dans la section *1—1* (fig. 2), aux poussées horizontales E_p et E_a et à la force G_{VT} s'opposeront la force F_f et la résistance du béton au cisaillement. On a :

(11) $$G_{VT}=G_V\cos i,\quad G_V=G\sin i,\quad G_{VV}=G_V\sin i$$

et

$$F_f=G_{VV}f=0{,}5\,G_{VV}.$$

L'épaisseur minima, $a_{\min}$, que le perré doit la soumettre au cisaillement est :

(12) $$a_{\min}=a_0+a_1,$$

où :

(13.1) $$a_0=\frac{G_{VT}-F_f}{R_t},\qquad (13.2)\qquad a_0=\frac{E_p+E_a}{R_t},$$

où : $R_t=R_c/10$, R_c en étant la résistance de calcul à la compression du béton. Pour un béton B 200 on a $R_c=80$ Kgf/cm² et $R_t=8$ Kgf/cm².

2.4. La forme des éléments préfabriqués

Les conditions 2.2 et 2.3 nous ont conduit aux éléments en forme de L renversé (fig. 1 *b*), de longueur *b* calculée à partir de (9) et à $a_{\min}$ calculé à partir de (12), (13.1) et (13.2) et $e_0\geqslant 0{,}10\,a_{\min}$.

2.5. Calcul des éléments préfabriqués à différentes valeurs m, Y, h, γ_p et φ_0

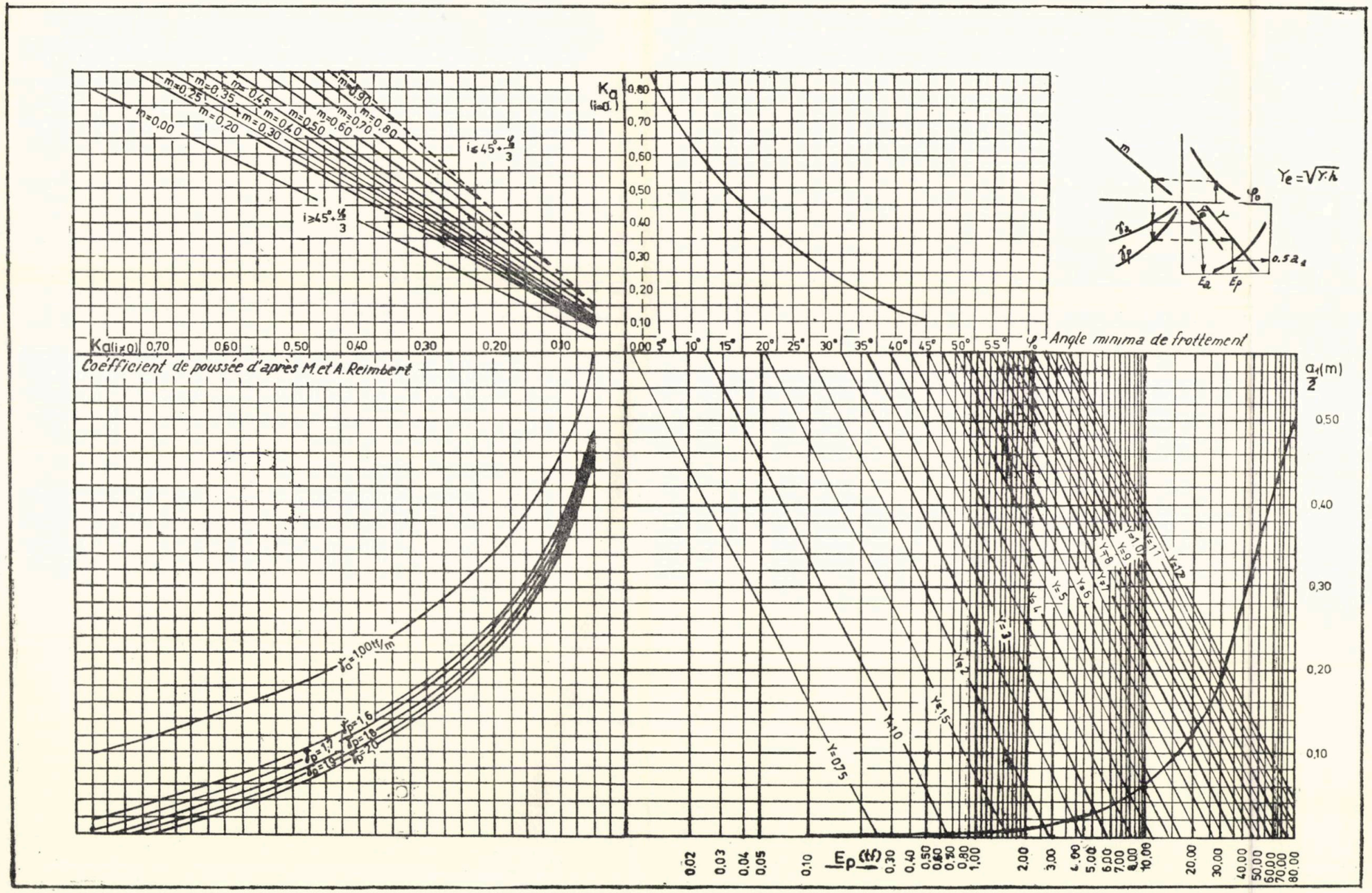
Le calcul peut être effectué directement à partir des équations (9), (13.1) et (13.2) ou en utilisant les nomogrammes de la fig. 3 *a*, *b* conçues afin de faciliter le calcul.

À l'aide d'un computer FELIX C-250 on a établi des tables de valeurs pour *b* et a_1 pour $Y=2\,;\,3\,;\,\ldots\,;\,10$ m ; $h=0{,}3\,;\,0{,}4\,;\,\ldots\,;\,2{,}0$ m ; $m=0{,}2\,;\,0{,}3\,;\,\ldots\,;\,0{,}90$; $\gamma_p=1{,}7\,;\,1{,}8$ tf/m³ ; $\varphi_0=20°\,;\,25°\,;\,\ldots\,;\,35°$, dont certaines sont présentées dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1

Valeurs b, [m], pour $\gamma_p=1{,}8$ tf/m³ et $\varphi_0=20°$

Hauteur Y, [m]	Coef. de talus m	Charge sur déversoir h, [m]								
		0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
7,00	0,20	1,899	1,935	1,971	2,005	2,040	2,074	2,108	2,141	2,174
	0,30	1,557	1,589	1,621	1,653	1,684	1,715	1,746	1,776	1,806
	0,40	1,266	1,294	1,323	1,351	1,379	1,406	1,434	1,461	1,487
	0,50	1,025	1,050	1,074	1,099	1,123	1,147	1,171	1,195	1,218
	0,60	0,829	0,850	0,871	0,892	0,913	0,933	0,954	0,974	0,994
	0,70	0,671	0,689	0,707	0,724	0,742	0,759	0,777	0,794	0,811
	0,80	0,545	0,560	0,574	0,589	0,604	0,619	0,633	0,648	0,662
	0,90	0,444	0,456	0,468	0,481	0,493	0,505	0,517	0,530	0,542
10,00	0,20	2,682	2,719	2,754	2,790	2,825	2,860	2,895	2,929	2,963
	0,30	2,195	2,228	2,261	2,293	2,325	2,357	2,388	2,419	2,450
	0,40	1,783	1,812	1,841	1,869	1,898	1,926	1,954	1,982	2,009
	0,50	1,443	1,468	1,493	1,517	1,542	1,566	1,591	1,615	1,639
	0,60	1,166	1,187	1,208	1,229	1,250	1,271	1,292	1,313	1,333
	0,70	0,943	0,961	0,979	0,997	1,014	1,032	1,050	1,067	1,085
	0,80	0,765	0,780	0,795	0,810	0,825	0,840	0,854	0,869	0,884
	0,90	0,623	0,635	0,648	0,660	0,673	0,685	0,697	0,710	0,722



a

b

Fig. 3.—*a* — Nomogramme de calcul des valeurs E_p, E_a et $a_1/2$; *b* — nomogramme de calcul des valeurs b (m).

Tableau 2

Valeurs $0{,}5a_1$, [m], *pour* $\gamma_p = 1{,}8\ tf/m^3$ *et* $\varphi_0 = 20°$

Hauteur Y, [m]	Coef. de talus m	Charge sur déversoir h, [m]								
		0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
7,00	0,20	0,097	0,098	0,100	0,101	0,102	0,104	0,105	0,107	0,108
	0,30	0,088	0,089	0,090	0,092	0,093	0,094	0,096	0,097	0,098
	0,40	0,079	0,080	0,082	0,083	0,084	0,085	0,087	0,088	0,089
	0,50	0,071	0,073	0,074	0,075	0,076	0,077	0,078	0,079	0,080
	0,60	0,064	0,065	0,066	0,067	0,068	0,069	0,070	0,071	0,072
	0,70	0,058	0,058	0,059	0,060	0,061	0,062	0,063	0,064	0,065
	0,80	0,052	0,052	0,053	0,054	0,055	0,056	0,056	0,057	0,058
	0,90	0,046	0,047	0,047	0,048	0,049	0,050	0,050	0,051	0,052
10,00	0,20	0,195	0,197	0,199	0,202	0,204	0,206	0,208	0,210	0,212
	0,30	0,177	0,179	0,181	0,183	0,185	0,187	0,189	0,191	0,193
	0,40	0,160	0,163	0,164	0,166	0,167	0,169	0,171	0,172	0,174
	0,50	0,144	0,146	0,148	0,149	0,151	0,152	0,154	0,155	0,157
	0,60	0,130	0,131	0,133	0,134	0,135	0,137	0,138	0,140	0,141
	0,70	0,116	0,118	0,119	0,120	0,121	0,123	0,124	0,125	0,127
	0,80	0,104	0,105	0,107	0,108	0,109	0,110	0,111	0,112	0,113
	0,90	0,093	0,094	0,095	0,096	0,097	0,098	0,099	0,100	0,101

2.5. Typisation des éléments préfabriqués

Afin de simplifier la gamme de ces éléments nous proposons le type L1 pour : $m=0{,}9$; $Y=2 \ldots 7$ m ; $h=0{,}3 \ldots 2{,}0$ m, de dimensions présentées dans la fig. 1 *c* et le type L2 pour : $m=0{,}9$; $Y=7 \ldots 12$ m ; $h=0{,}3 \ldots 2{,}0$ m, de dimensions présentées dans la fig 1 *d*. Le mode de réalisation du perré est indiqué dans la fig. 1 *a*.

3. Conclusions

1. Les problèmes de dimensionnement étudies ci-dessus sont absolument nécessaires à la réalisation des études de ces barrages.

2. La méthodologie de dimensionnement proposée offre un choix rationel de la forme et des dimensions des éléments préfabriqués, conduisant à des économies en béton et volume de terrassements.

3. Les nomogrammes et les tableaux des valeurs élaborées permettent un calcul rapid des ouvrages.

4. Les deux types de préfabriqués, L1 et L2, couvrent une gamme large de conditions en offrant en même temps une simplicité dans l'execution.

Reçue le 24 mai 1980

Institut Polytechnique, Jassy,
Chaire pour le Combat de l'érosion du sol,
Pédologie et Topographie

BIBLIOGRAPHIE

1. Cuculas I., *Barajul-pragul din prefabricate tip „Focșani" pentru amenajarea formațiunilor torențiale de pe terenurile agricole.* Producția vegetală, Cereale și plante tehnice, 5 (1979).

2. Popovici N., Enache-Iftode El., *L'optimisation de la détermination des dimensions des barrages de construction mixtes, type „Focșani", pour la correction des torrents.* Bul. Inst. polit., Iași, **XXIV (XXVIII)**, *1—4*, s. VI (1978).
3. Reimbert M. et A., *Murs de soutènement.* Eyrolles, Paris, 1979.

STUDIUL UNOR NOI TIPURI DE ELEMENTE PREFABRICATE DIN BETON PENTRU CONSTRUCȚIA DE BARAJE DE TIP MIXT UTILIZATE ÎN AMENAJAREA TORENȚILOR

(Rezumat)

În scopul facilitării extinderii unor lucrări eficiente din punct de vedere tehnic și economic se prezintă conceperea, dimensionarea și tipizarea unor noi elemente prefabricate din beton utilizate pentru asigurarea stabilității și protecției taluzului aval al barajelor de corecție a torenților.

Sînt expuse tabele și o nomogramă pentru evidențierea modului de lucru, obținute în urma efectuării calculelor cu ajutorul calculatorului electronic FELIX C-250.

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI
Tomul XXVI (XXX), Fasc. 1—4, 1980
Secția VI
ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

C.Z. 663.6 ; 338.062.219.227

POSIBILITĂȚI DE VALORIFICARE A REZIDUURILOR DE LA STAȚIILE DE EPURARE A APELOR URBANE

DE

IANCU HÂNCU, MATEI MACOVEANU, N. IORGA, OCTAVIAN RAIANU și AL. TOFAN

1. Introducere

Dezvoltarea impetuoasă a centrelor urbane din ultimii ani reclamă disponibilități tot mai mari de apă potabilă și industrială. Ca urmare, stațiile de epurare a apelor reziduale orășenești și industriale sînt obligate să prelucreze cantități tot mai mari de ape uzate. Creșterea capacității de tratare a stațiilor de epurare poate fi realizată fie prin mărirea vitezei de decantare, ceea ce atrage după sine mărirea debitului de alimentare a decantoarelor, fie prin mărirea suprafeței de decantare. În primul caz este nevoie de coagulanți eficienți și în același timp cît mai ieftini, fiind vorba de tratarea unor ape reziduale ; în al doilea caz este nevoie de investiții suplimentare pentru construirea de noi spații de tratare.

Prin epurarea apelor reziduale rezultă zeci de mii de tone de reziduu uscat. În literatura de specialitate sînt descrise o serie de metode de utilizare a acestuia, metode care necesită însă investiții de obicei mari.

În urma studiilor preliminare întreprinse de autori pe nămolul rezultat la stația de epurare a apelor reziduale, Iași, s-a constatat că aceasta conține, la 100 g substanță uscată, o diversitate de săruri în cantități ce variază de la cîteva micrograme la cantități de ordinul gramelor. Elementele nutritive necesare dezvoltării plantelor sînt de asemenea prezente în acest nămol.

Pornind de la aceste constatări autorii și-au axat cercetările pe două direcții: a) obținerea din nămolul rezultat de la stațiile de epurare a apelor reziduale a unui coagulant ușor de preparat, ieftin și cu o bună activitate ; b) posibilitatea folosirii directe a acestui nămol rezidual în îmbunătățirea calității solurilor sărace în elemente fertilizante.

2. Substanțe floculante preparate din nămol rezidual

Nămolul rezultat la stația de epurare a apelor reziduale, Iași, conține o serie de combinații ale fierului, aluminiului și titanului, puse în evidență prin spectroscopie de absorbție atomică. Aceste combinații pot fi transformate în principii active pentru procesul de tratare a apelor reziduale. În acest scop s-au efectuat extracții cu soluții de acid clorhidric și de acid sulfuric. În extractul lichid obținut s-a determinat cantitatea de Fe, Al și Ti prin metoda complexonometrică [1].

Stabilirea condițiilor recomandate pentru extracția acidă studiată s-a făcut cu ajutorul planificării factoriale a experiențelor de tipul 2^4[2]. Factorii a căror influență a fost urmărită sînt următorii:

a) Concentrația soluției de acid (factorul A). În cazul HCl s-au încercat valorile $A_1=10\%$ g și $A_2=20\%$ g, iar pentru acidul sulfuric, $A_1=30\%$ g și $A_2=60\%$ g.

b) Raportul soluției de acid/nămol rezidual (factorul B). Au fost folosite valorile $B_1=100$ ml/100 g și $B_2=200$ ml/100 g.

c) Timpul de extracție (factorul C). Cele două valori utilizate, $C_1=30$ min și $C_2=75$ min.

d) Temperatura de extracție (factorul D). S-au folosit valorile: $D_1=20°C$ și $D_2=60°C$.

Aprecierea influenței factorilor studiați a fost făcută în raport cu valorile cantităților de oxizi de fier, aluminiu și titan extrase, exprimate în g $\sum R_2O_3$ la 100 g reziduu (R=Fe, Al sau Ti). Datele experimentale sînt prezentate în tabelele 1 și 2.

Tabelul 1

Săruri ae Al, Fe, Ti extrase cu soluții de HCl (g ΣR_2O_3/100 g nămol)

	D_1				D_2			
	C_1		C_2		C_1		C_2	
	B_1	B_2	B_1	B_2	B_1	B_2	B_1	B_2
A_1	0,497	5,940	0,587	5,432	2,951	5,342	2,122	7,557
A_2	5,896	8,560	5,706	8,720	1,954	8,782	8,561	11,240

Tabelul 2

Săruri de Al, Fe, Ti extrase cu soluții de H_2SO_4 (g ΣR_2O_3/100 g nămol)

	D_1				D_2			
	C_1		C_2		C_1		C_2	
	B_1	B_2	B_1	B_2	B_1	B_2	B_1	B_2
A_1	3,128	5,064	4,888	4,850	2,691	4,112	2,070	6,240
A_2	1,252	5,683	1,315	1,723	2,522	4,327	3,905	1,933

Interpretarea rezultatelor a fost făcută cu ajutorul analizei de varianță [2]. În cazul extracțiilor cu soluții de HCl s-a găsit că factorii A și B au o influență semnificativă la trecerea de la un nivel la altul. În cazul extracțiilor cu soluții de H_2SO_4, nici unul din factorii studiați nu are o influență semnificativă.

Ca urmare, se recomandă pentru extracții următoarele condiții:

1. La utilizarea soluțiilor de HCl: a) concentrația soluției de HCl, 20% g; b) raportul soluției HCl/nămol, 200 ml/100 g; c) timpul de extracție, 30 min; d) temperatura de extracție, 20°C.

2. La utilizarea soluțiilor de H_2SO_4: a) concentrația soluției de H_2SO_4, 30% g; b) raportul soluție de H_2SO_4/nămol, 100 ml/100 g; c) timpul de extracție, 30 min; d) temperatura de extracție, 20°C.

Încercările de coagulare au fost efectuate cu extract obținut prin tratare cu soluție de HCl 20% g și, respectiv, H_2SO_4 30% g, în condițiile menționate. În toate cazurile timpul de agitare a fost de 5 min iar timpul de decantare, de 15 min. Cele mai bune rezultate au fost obținute pentru doze de coagulant de 0,4 pînă la 2 ml pentru 1 l apă brută. În aceste condiții s-a reușit să se reducă turbiditatea unor probe de apă de la 180°SiO_2 la 8°SiO_2 și respectiv de la 150°SiO_2 la 2°SiO_2.

Prin urmare, consumul de coagulant necesar este redus, ceea ce reprezintă un avantaj din punct de vedere economic. Viteza de decantare, prin folosirea acestor tipuri de coagulanți, este mult mărită față de cazul în care se folosesc alte tipuri de coagulanți (de circa 5 ori). Activitatea deosebită a acestor floculanți este asigurată și de prezența în compoziția extractelor acide preparate a unor compuși de tip polielectrolitici, evidențiați prin analizele IR efectuate.

Folosirea substanțelor coagulante extrase din nămol rezidual la tratarea apelor uzate nu impune existența unui proces de filtrare, știut fiind că prezența unor compuși insolubili determină intensificarea procesului de sedimentare [3].

Pentru a nu ridica prețul de cost există posibilitatea de a se utiliza la extracție, în loc de soluții de acizi minerali, ape reziduale acide rezultate din procesele tehnologice ale unor întreprinderi.

Așadar, la tratarea apelor reziduale se pot folosi cu succes suspensii de nămol în ape reziduale industriale cu caracter acid, ceea ce simplifică procesul tehnologic de obținere a substanțelor floculante.

3. Îmbunătățirea calității unor soluri prin amestecare cu nămol rezidual

În vederea stabilirii posibilităților de folosire directă a nămolurilor reziduale la îmbunătățirea calității solurilor sărace au fost efectuate atît analize chimice cît și teste fiziologice. În acest scop s-au colectat patru probe medii din paturile de uscare ale stației de epurare a apelor reziduale, Iași. După uscare la aer și trecere prin sita de 2 mm au fost analizate, datele fiind raportate la cele găsite pentru o probă de cernoziom studiată în paralel. Analiza chimică a arătat că probele de nămol se caracterizează prin conținut bogat în carbon (circa 15%), hidrogen (circa 2%), sodiu (circa 0,1%), azot (circa 1,5%), potasiu (circa 0,35%), calciu (circa 5,5%), magneziu (circa 1%), fier (circa 3,8%), mangan (circa 0,03%). Stabilirea conținutului în microelemente s-a efectuat cu un spectrograf, în arc electric. Rezultatele analizei sînt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

Conținutul în microelemente, (p.p.m.)

Proba	Cu	Pb	Zn	Ag	Co	Ni	Cr	Mo	V	Bi	Sb	Cd	B	As	W	Hg
1*	45	15	90	urme	6	—	70	3	125	—	urme	—	—	—	—	—
1	800	250	1 200	10	—	—	400	urme	30	5	—	—	—	—	—	—
2	1 000	400	3 000	6	4	—	150	4	15	5	—	—	—	—	—	—
3	800	250	1 500	6	6	—	300	3	10	3	—	—	—	—	—	—
4	2 000	200	2 000	8	10	—	400	10	20	3	—	—	—	—	—	—

1*— proba de cernoziom.

Se observă că cele patru probe conțin cantități apreciabile de Cu, Pb, Zn și Cr. Elementele care ar putea fi dăunătoare dezvoltării microorganismelor, ca de exemplu As, Cd, Hg, lipsesc.

Analiza termodiferențială efectuată pentru cele patru probe a arătat că nămolul rezidual este un amestec complex de minerale argiloase, substanțe minerale și substanțe de natură organică, care în timpul încălzirii se comportă diferit, producînd efecte exoterme și endoterme care se suprapun.

Prin studii de compoziție mineralogică [4] s-au pus în evidență caolinit, haloizit și allophann.

Ținînd seama de necesitatea de a caracteriza solul în funcție de pH [5], [6] s-au determinat aceste valori, atît cele ale extractelor apoase cît și cele din soluții de KCl 0,1N.

Probele studiate sînt neutre sau slab acide, ceea ce face să nu fie necesară folosirea de amendamente calcaroase [7]. Acest aspect este confirmat și prin stabilirea gradului de saturație a solului care reprezintă procentul de baze schimbabile din capacitatea de schimb cationic pentru un sol. Probele studiate au gradul de saturație cuprins între 98,7% și 99,8%, față de 99,86% cît are proba de cernoziom.

Probele analizate au un conținut de ioni de calciu, magneziu, potasiu, mangan și sodiu schimbabili mai mare decît proba de cernoziom. Determinările au fost efectuate după metoda Schollenberger.

În ceea ce privește conținutul de fosfor total, probele de nămol studiate sînt bine aprovizionate, valoarea exprimată în $\%P_2O_5$ fiind mai mare decît 0,2. Pentru dozarea fosforului total s-a utilizat metoda Troug-Meyer, varianta Osmond-Denigés. Deoarece numai o parte din fosfor este asimilat de plante, s-a determinat și cantitatea de fosfor mobil prin metoda Egner-Riehm-Dominigo. S-a găsit că probele analizate sînt extrem de bine aprovizionate în fosfor mobil.

Din punct de vedere al conținutului în potasiu solubil în acetat—lactat de amoniu, reziduurile studiate se încadrează în categoria celor slab aprovizionate, avînd un conținut sub 8 mg K_2O/100 g. În schimb nămolul rezidual este bogat în azot, conținînd cu mult peste valoarea 0,3% care determină clasificarea unui sol drept bogat aprovizionat cu azot.

După stabilirea caracteristicilor privind compoziția nămolului rezidual s-a urmărit modul cum se dezvoltă vegetația, folosind drept sol ames-

tecuri de cernoziom din raza stațiunii Miroslava și reziduu în diferite proporții : 1/3, 1/1, 3/1. Ca elemente de referință s-au folosit cernoziomul și respectiv nămol rezidual fără nici un fel de adaosuri. Pentru experiențe au fost utilizate soiuri de tomate și ardei gogoșari. Pentru caracterizarea proprietăților de fertilizare a nămolului rezidual s-au folosit următorii indici : dinamica procesului de răsărire a plantelor, dinamica procesului de creștere în lungime, dinamica greutății în stare proaspătă, a celei uscate, a conținutului total de apă, intensitatea fotosintezei, dinamica procesului de îmbobocire, înflorire și fructificare. Rezultatele experimentale arată că se poate estima un spor de recoltă de cel puțin 20% în cazul folosirii nămolului rezidual ca îngrășământ, combinat cu gunoiul de grajd (peste 20 t/ha), în cultura de cîmp și în proporție de 1/3, 1/1, 3/1, în raport cu specia și soiul plantei, în cazul utilizării în răsadnițe și în sere.

4. Concluzii

1. Nămolurile rezultate de la stațiile de epurare a apelor reziduale pot fi utilizate ca materie primă pentru prepararea de floculanți eficienți, cu preț de cost scăzut, pe baza unor procese tehnologice simple.

2. Nămolul rezidual intervine cu succes în modificarea pozitivă a structurii fizico-chimice a unor soluri, putînd fi utilizat cu efect economic optim în cazul unor soluri sărace în substanțe organice și săruri minerale.

3. Valorificarea nămolurilor reziduale în agricultură și prin prepararea de floculanți oferă în același timp și rezolvarea unor probleme vitale ale stațiilor de epurare a apelor reziduale : creșterea productivității și îndepărtarea imenselor cantități de nămol rezidual în condiții economice dintre cele mai avantajoase.

Primită la 30 noiembrie 1979

Institutul politehnic, Iași,
Catedra de inginerie chimică

BIBLIOGRAFIE

1. Demetrescu A., Tutoveanu A., Ionescu M., *Analiza tehnică a minereurilor*. Ed. Tehn., Buc., 1966.
2. Glück A., *Metode matematice în industria chimică*. Ed. Tehn., Buc., 1971.
3. Constantinescu S., Bul. tehn. inform. I.C.A.B., *3* (1964).
4. Bentelspacher J., Van der Marel H. W., *Atlas of Electron Microscopy of Clay Minerals and their Adonixtures*. Elsevier, New York, 1968.
5. Obrejan G., *Metode de cercetare a solului*. Ed. Acad. RSR, Buc., 1964.
6. Davidescu D., Davidescu V., *Agrochimia*. EDP, Buc., 1969.
7. * * * *Instrucțiuni de lucru pentru cercetarea agrochimică*. Inst. de cerc. pentru cereale și plante tehnice, Fundulea. Lit. Univ., Craiova, 1970.

POSSIBILITIES OF PRACTICAL APPLICATION OF RESIDUES FROM URBAN EPURATION STATIONS

(Summary)

It was studied some possibilities of practical applications of residual thick mud from the urban epuration stations. Both the processing of new types of flocculants intended for treating the residual waters and the conditions in which these thick mud could be used in agriculture with good economical results are analyzed.

1981 MAR 1 1

40822